

Praxis-Leitfaden zum Betrieb und zur Instandhaltung elektrischer Anlagen



Wichtiges aus Betriebssicherheits-
verordnung, DIN VDE und UVV

Praxis-Leitfaden zum Betrieb und zur Instandhaltung elektrischer Anlagen

Wichtiges aus

Betriebssicherheitsverordnung, DIN VDE und UVV

- Erläuterung und Anwendung -

Alle technischen Angaben und zitierte Normen in diesem Praxis-Leitfaden entsprechen dem Stand der Erstellung und wurden nach bestem Wissen ermittelt. Dennoch behalten wir uns Irrtümer und Fehler vor. Für fehlerhafte Angaben und deren Folgen kann deshalb keine juristische Verantwortung oder irgendeine andere Haftung übernommen werden.

Maßgebend für die Durchführung von Prüfungen ist die jeweilige Vorschrift bzw. Norm im Original. Diese Schrift beabsichtigt nicht die Verletzung irgendwelcher bestehender Patente und anderer Schutzrechte.

Vorwort

Die Spiering Partner OHG möchte auch nach der Inbetriebnahme der erstellten Anlagen mit den Auftraggebern Kontakt halten, weitere Erfahrungen sammeln, Anregungen aufnehmen und bei der Durchführung vorgeschriebener Instandhaltungsaufgaben unterstützen.

Die DIN VDE-Bestimmungen für den Elektrofachmann haben sich in den letzten Jahrzehnten von einem handlichen Buch zu einer kleinen Bibliothek entwickelt, da wird es zunehmend schwieriger, „auf dem Laufenden“ zu bleiben. Außerdem wurden in letzter Zeit einige einschlägige Teile der DIN VDE-Bestimmungen zu Erst- und Wiederholungsprüfungen geändert. Behörden und Versicherungen sowie Großkunden verlangen verstärkt Prüfprotokolle.

Erstprüfungen bei elektrischen Anlagen und Prüfungen an elektrischen Betriebsmitteln nach Reparatur sind mittlerweile Routine. Die von der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vorgegebenen Wiederholungsprüfungen an elektrischen Anlagen und Geräten bedürfen zusätzlicher Erläuterung. Es ist dabei zu beachten, dass der gewerbliche Bereich nicht nur Fabrikation, Gewerbe und Handel umfasst, sondern auch alle Behörden, Schulen, Kliniken und sonstige öffentliche Einrichtungen.

Wir möchten mit diesem Praxis-Leitfaden zur Klärung der Sachverhalte beitragen, denn in vielen Fällen sind die umzusetzenden Forderungen aus Gesetzen und Verordnungen für die Praxis nicht ausreichend transparent.

Wir wollen Ihnen Hinweise zur Umsetzung liefern, erspart es Ihnen doch im Schadensfall unangenehme Probleme und Kosten. Deshalb die Idee unseres Praxis-Leitfadens. Er soll Ihnen bei Ihrer täglichen Arbeit ein hilfreiches Nachschlagewerk und Arbeitsmittel sein, um zeitraubendes Suchen in Normen zu vermeiden.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit unserem Praxis-Leitfaden bei der täglichen Arbeit. Für positive Kritik und Anregungen an diesem Werk sind wir jederzeit dankbar.

Einleitung

Zum besseren Verständnis lässt sich das Prüf- und Messwesen der Elektrotechnik in den Grundlagen auf zwei große Ansätze zusammenfassen:

- Die Prüfungen aus dem Bau - und Versicherungsrecht erfolgen in erster Linie aus der Sicht des Brandschutzes.
- Die Prüfungen der Berufsgenossenschaften und Anlagen-Errichter erfolgen in erster Linie aus Sicht der Gebrauchsfähigkeit und Instandhaltung.

Unter diesen Rahmenansätzen ist die Broschüre als Erläuterung zu sehen.

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1 - Vorschriften | 6 |
| Rechtliche Vorschriften | 6 |
| Betriebssicherheitsverordnung | 7 |
| Übersicht der nationalen Bestimmungen | 9 |
| BGV A3, Unfallverhütungsvorschrift elektrischer Anlagen und Betriebsmittel | 12 |
| Prüffristen für elektrische Anlagen und Geräte | 12 |
| DIN VDE-Bestimmungen | 14 |
| 2 – Messungen | 15 |
| Durchführung der Prüfungen | 15 |
| Die wichtigsten Grenzwerte elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100, Teil 610 | 16 |
| Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0105, Teil 1, Teil 100 | 20 |
| Die wichtigsten Grenzwerte elektrischer Betriebsmittel | 21 |
| Prüfungen nach Reparatur nach DIN VDE 0701, Teil 1, Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0702 | |
| Messungen nach DIN VDE 0751 31 | 25 |
| Sicherheit von Maschinen, Elektrische Sicherheit von Maschinen | 29 |
| Erst- und Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0113, EN 60204, Teil 1 | |
| 3 – Tipp zur Messung mit ... | 32 |
| Zangenamperemeter | 32 |

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 4 - Harmonische Oberschwingungen | 34 |
| Vorwort | 34 |
| Grundlagen der Netzqualität | 34 |
| Was sind Oberschwingungen | 35 |
| Auswirkung von Oberschwingungen | 37 |
| Oberschwingungen durch Messungen nachweisen | 38 |
| Anforderungen an die Netzqualität | 39 |
| Gegenmaßnahmen bei Oberschwingungen | 40 |
| | |
| 5 – Anhang | 44 |
| Übersicht zur Zeit gültiger DIN VDE-Bestimmungen | 44 |
| Tabellen | 45 |
| Begriffserklärung | 49 |
| Messkreiskategorien | 56 |

1 - Vorschriften

Rechtliche Vorschriften

Für die Sicherheit elektrischer Anlagen sorgen zwingende gesetzliche Vorschriften:

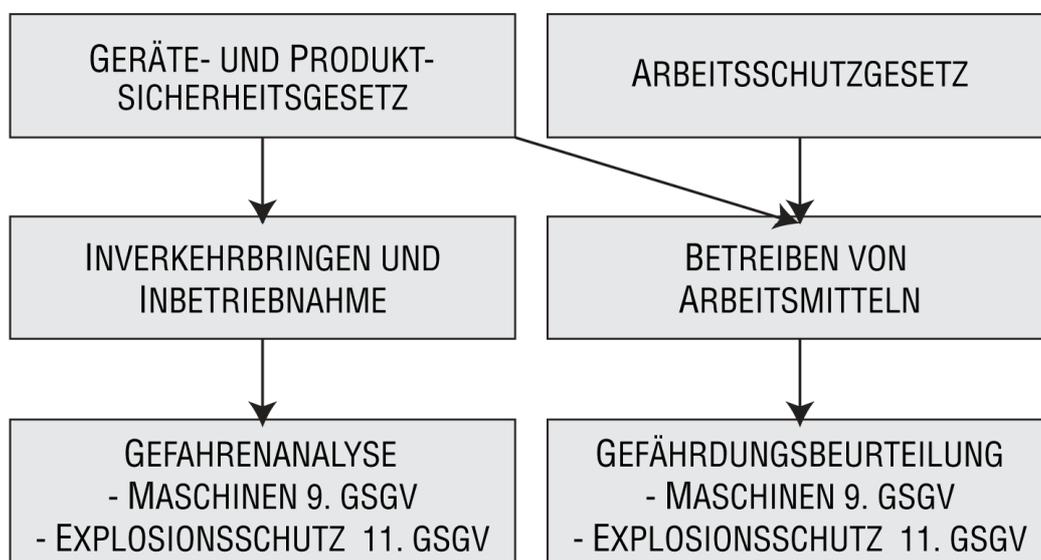
- Energiewirtschaftsgesetz
- Betriebssicherheitsverordnung
- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitsstättenverordnung
- Gesetz über technische Arbeitsmittel
- Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften
- Unfallverhütungsvorschriften der Gemeindeunfallversicherungsverbände

In allen diesen Gesetzen und Verordnungen wird gefordert, dass hinsichtlich Sicherheit elektrischer Anlagen und Betriebsmittel die anerkannten Regeln der Technik, also DIN VDE-Bestimmungen, zu beachten sind.

Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV)

Durch die seit dem 03.10.2002 gültige Betriebsicherheitsverordnung erfolgte eine Neuregelung der Bereitstellung, der Benutzung und des Betriebs von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftiger Anlagen. In dieser Bestimmung werden die in verschiedenen Rechtsverordnungen verstreuten Anforderungen zusammengefasst. Die Betriebsicherheitsverordnung basiert auf den Forderungen bzw. ist die Umsetzung von EU-Richtlinien (Europäisches Recht).

Übersicht der neuen gesetzlichen Bestimmungen



Eine wichtige Neuerung betrifft die Unfallverhütungsvorschrift BGV A2 (VBG 4):

Die bisherige BGV A2 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ hat ab 1. Januar 2005 die neue Bezeichnung BGV A3 erhalten und wird zusätzlich ergänzt durch verschiedene BGR- und BGI-Regeln. Die bisherige Bezeichnung BGV A2 bleibt weiter bestehen, erhält jedoch einen anderen Inhalt bzw. wird in „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ umbenannt.

Die Festlegung weiterer Regeln ist noch in Bearbeitung, d.h. die aktuellen Neuerungen sind bei den jeweiligen Berufsgenossenschaften zu finden.

Einige wichtige Konkretisierungen bzw. Änderungen der BetrSichV gegenüber der BGV A3 sind unter anderem:

§ 3 - Gefährdungsbeurteilung

Der Arbeitgeber hat durch Gefährdungsbeurteilung die notwendigen Maßnahmen für die sichere Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln.

§ 10 - Prüfungen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass alle elektrischen Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden.

§ 11 - Aufzeichnungen

Der Arbeitgeber hat die Ergebnisse der Prüfungen aufzuzeichnen und aufzubewahren.

Welche Konsequenzen ergeben sich durch diese Neuerungen?

Die Prüfungen werden weiterhin nach den gültigen DIN-VDE-Bestimmungen durchgeführt! In den DIN VDE-Bestimmungen der Reihe DIN VDE 0701 und DIN VDE 0702 sind der Prüfablauf und die Grenzwerte der erforderlichen Prüfungen festgelegt.

Übersicht der nationalen Bestimmungen

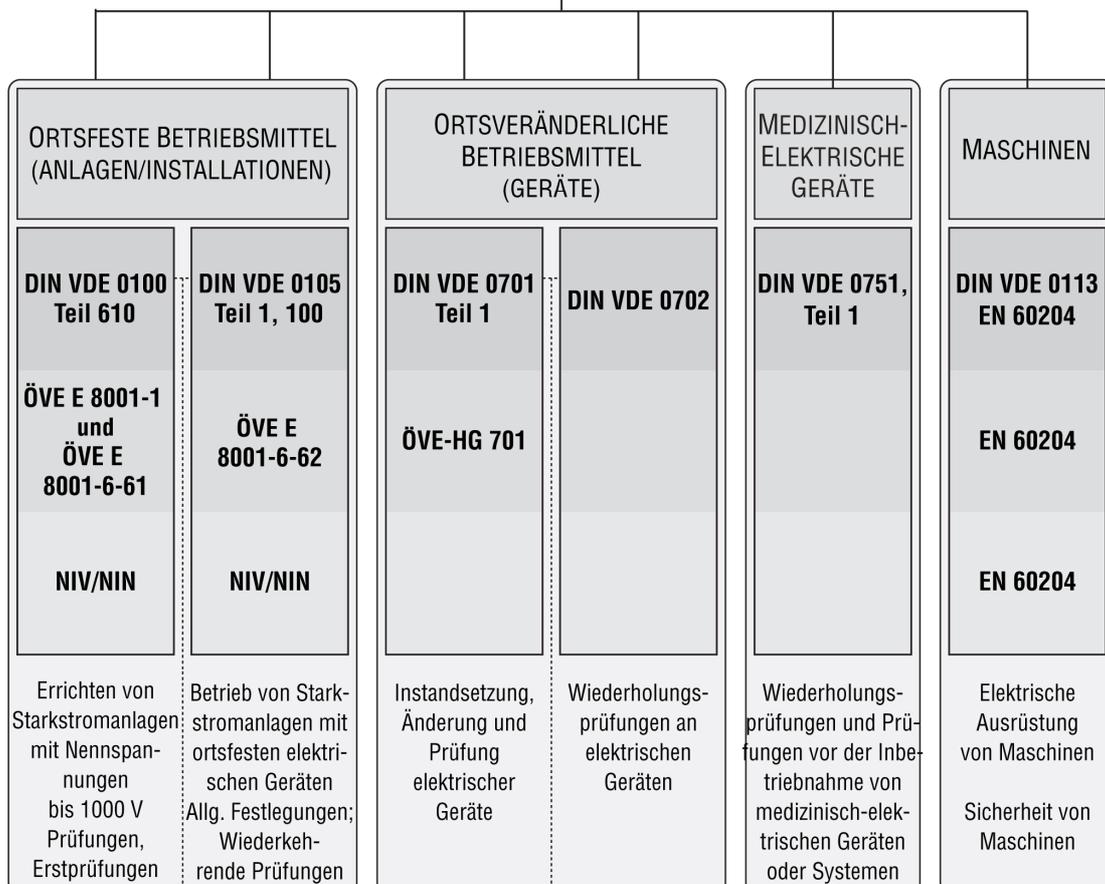
In den folgenden nationalen Bestimmungen und Vorschriften sind entsprechende Prüfungen vorgeschrieben

in den deutschen Unfallverhütungsvorschriften

in den österreichischen Normen ÖNORM ÖVE E 8001/ÖVE-HG 701

in den schweizerischen Niederspannungs-Installations-Verordnungen/Normen (NIV/NIN)

Bestimmungen



Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ist als Gesetz der BGV A3 übergeordnet und regelt die Zuständigkeit der Verantwortung, hier heißt es unter anderem:

§ 3 - Gefährdungsbeurteilung

(1) Der Arbeitgeber (Unternehmer) hat (=muss) bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden.

(3) Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln. Ferner hat der Arbeitgeber die notwendigen Voraussetzungen zu ermitteln und festzulegen, welche die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung oder Erprobung von Arbeitsmitteln zu beauftragen sind.

§ 4 - Anforderungen an die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel

(1) Der Arbeitgeber hat die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit den Beschäftigten nur Arbeitsmittel bereitgestellt werden, bei deren bestimmungsgemäßer Benutzung Sicherheit und Gesundheitsschutz gewährleistet sind.

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nur benutzt werden, wenn sie für die vorgesehene Verwendung geeignet sind.

§ 10 - Prüfung der Arbeitsmittel

(2) Unterliegen Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, hat der Arbeitgeber die Arbeitsmittel entsprechend den selbst ermittelten Fristen durch hierzu befähigte Personen überprüfen und erforderlichenfalls erproben zu lassen.

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nach Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können, durch befähigte Personen auf ihren sicheren Betrieb geprüft werden.

§ 11 - Aufzeichnungen

Der Arbeitgeber hat die Ergebnisse der Prüfungen aufzuzeichnen. Die Aufzeichnungen sind über einen angemessenen Zeitraum aufzubewahren, mindestens bis zur nächsten Prüfung.

Notwendige Schritte zur Umsetzung der BetrSichV im Betrieb:

- Erfassung aller Arbeitsmittel
- Ermittlung der von dem Arbeitsmittel ausgehenden Gefährdung (Gefährdungsbeurteilung nach ArbSchG). Betrachtung und Beurteilung der Wechselwirkungen zu anderen Arbeitsmitteln, Arbeitsstoffen und der Arbeitsumgebung
- Maßnahmen festlegen, dass die Benutzung der Arbeitsmittel über die ganze Lebensdauer gewährleistet ist
- Festlegung der notwendigen Prüfungen mit den dazugehörigen Prüffristen
- Bestimmung und Unterweisung geeigneter Personen, welche die Prüfungen durchführen können
- Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen

BGV A3 Unfallverhütungsvorschrift elektrischer Anlagen und Betriebsmittel [alt: BGV A2 (VBG 4)]

Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften sind autonome Rechtsverordnungen. Sie werden nach einem bestimmten Verfahren bei den Berufsgenossenschaften erarbeitet, beschlossen, danach vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales genehmigt und durch Bekanntgabe im Bundesanzeiger rechtsverbindlich, sind also Rechtsvorschriften.

Sie gelten nur für Unternehmen und Versicherte der Mitgliedsbetriebe der Berufsgenossenschaften. Wie aber einige Urteile, z. B. das bekannte Saarbrücker Urteil, auslegen, sind sie für alle gewerblich genutzten Anlagen und Geräte gültig.

Die Anwendung und Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften wird von den Berufsgenossenschaften überwacht, bei Nichtbefolgung drohen Sanktionen oder Haftung.

Speziell für die Elektrotechnik gilt die Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Sie übernimmt Festlegungen aus DIN VDE und wertet sie dadurch rechtlich auf.

| Anlage/Betriebsmittel | Richtwerte für Prüffristen | Art der Prüfung | Prüfer |
|--|-----------------------------------|---|---|
| Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel | 4 Jahre | auf ordnungsgemäßen Zustand | Elektrofachkraft |
| Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel in "Räumen und Anlagen besonderer Art" (DIN VDE 0100, Gruppe 700) | 1 Jahr | auf ordnungsgemäßen Zustand | Elektrofachkraft |
| Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen | 1 Monat | auf Wirksamkeit | Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte |
| Fehlerstrom-, Differenzstrom- und Fehlerspannungsschutzschalter – in stationären Anlagen – in nichtstationären Anlagen | 6 Monate arbeitstäglich | auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung | Benutzer Benutzer |

Tabelle 1A: Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Quelle Tabelle 1A bis 1C: BGV A3

| Anlage/Betriebsmittel | Prüfrist, Richt- und Maximalwerte | Art der Prüfung | Prüfer |
|---|---|-----------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt) – Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen – Anschlussleitungen mit Steckern – bewegliche Leitungen mit Steckern und Festanschluss | <p>Richtwert 6 Monate, auf Baustellen 3 Monate.</p> <p>Wird bei den Prüfungen eine Fehlerquote < 2 % erreicht, kann die Prüffrist entsprechend verlängert werden.</p> <p>Auf Baustellen, in Fertigungsstätten und Werkstätten oder unter ähnlichen Bedingungen mindestens jährlich.</p> <p>In Büros oder unter ähnlichen Bedingungen mindestens alle zwei Jahre.</p> | auf ordnungsgemäßen Zustand | Elektrofachkraft, bei Verwendung geeigneter Prüfgeräte auch elektrotechnisch unterwiesene Person |

Tabelle 1B: Richtwerte für Prüffristen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

| Prüfobjekt | Prüfrist | Art der Prüfung | Prüfer |
|---|--|---|------------------|
| Isolierende Schutzkleidung (soweit benutzt) | vor jeder Benutzung | auf augenfällige Mängel | Benutzer |
| | 12 Monate, 6 Monate für isolierende Handschuhe | auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte | Elektrofachkraft |
| Isolierte Werkzeuge, Kabelschneidergeräte; isolierende Schutzvorrichtungen und Betätigungs- und Erdungsstangen | vor jeder Benutzung | auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel | Benutzer |
| Spannungsprüfer, Phasenvergleichler | vor jeder Benutzung | auf einwandfreie Funktion | Benutzer |
| Spannungsprüfer, Phasenvergleichler und Spannungsprüfsysteme (kapazitive Anzeigesysteme) für Nennspannungen über 1 kV | 6 Jahre | auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte | Elektrofachkraft |

Tabelle 1C: Prüfungen für Schutz- und Hilfsmittel und persönliche Schutzausrüstungen

Ortsfeste Betriebsmittel

Fest angebrachte Betriebsmittel oder Betriebsmittel, die keine Tragevorrichtung haben und deren Masse (für Haushaltsgeräte 18 kg) so groß ist, dass sie nicht leicht bewegt werden können.

Ortsveränderliche Betriebsmittel

Betriebsmittel, die während des Betriebs bewegt werden oder die leicht von einem Platz zum anderen gebracht werden können, während sie an den Versorgungsstromkreis angeschlossen sind.

Stationäre Anlagen

Anlagen, die mit ihrer Umgebung fest verbunden sind, z.B. Installationen in Gebäuden, Baustellenwagen, Containern und auf Fahrzeugen.

Nichtstationäre Anlagen

Anlagen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie entsprechend ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch nach dem Einsatz wieder abgebaut (zerlegt) und am neuen Einsatzort wieder aufgebaut (zusammengeschaltet) werden. Hierzu gehören z.B. Anlagen auf Bau- und Montagestellen (fliegende Bauten).

DIN VDE-Bestimmungen

| | |
|-----------------------------------|--|
| DIN VDE 0100, Teil 610 | Errichten von Niederspannungsanlagen; Prüfungen, Erstprüfungen |
| DIN VDE 0105, Teil 1, Teil 100 | Betrieb von elektrischen Anlagen |
| DIN VDE 0701, Teil 1 und 240 | Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte Teil 1: Allgemeine Anforderungen Teil 240: Sicherheitsfestlegungen für Datenverarbeitungs-Einrichtungen und Büromaschinen |
| DIN VDE 0702 | Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten (Ortsveränderliche Betriebsmittel) |
| DIN VDE 0113/ EN 60204, Teil 1 | Sicherheit von Maschinen Elektrische Sicherheit von Maschinen Allgemeine Anforderungen (Ortsfeste Betriebsmittel) |

2 - Messungen

Durchführung der Prüfungen gemäß BGV A3

Die Prüfungen aller einschlägigen DIN VDE-Bestimmungen sollen in drei Schritten erfolgen:

- Besichtigen
- Messen
- Erproben

Erproben und Messen gehen in der Praxis meist Hand in Hand.

Besichtigen

Durch Besichtigen der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel muss festgestellt werden, ob äußerliche Mängel erkennbar sind. Außerdem müssen Schaltpläne, Betriebsanleitungen und Beschriftung von Stromkreisen und Typenschildern vorhanden sein und die Einrichtung zur Unfallverhütung und Brandbekämpfung vollständig und mängelfrei zur Verfügung stehen.

Besonders ist festzustellen, ob der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile vorhanden und die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren nicht fehlerhaft sind. Der Querschnitt, die Verlegung, der Anschluss und die Kennzeichnung von Schutz-, Erdungs- und Potentialausgleichsleitern sind zu prüfen.

Messen

Durch Messen wird festgestellt, ob alle in den jeweils gültigen Vorschriften angegebenen Grenzwerte bzw. Forderungen erfüllt werden.

Die Messungen dürfen nur mit geeigneten Prüfmitteln durchgeführt werden. Es sind nur Mess- und Prüfgeräte einzusetzen, die bestimmten DIN VDE-Bestimmungen entsprechen wie z.B. DIN VDE 0411, 0413, DIN VDE 0403 und DIN VDE 0404.

Erproben

Durch Erproben ist z. B. festzustellen, ob „Not-Aus“-Einrichtungen, Isolationsüberwachungen, Schutzeinrichtungen sowie Melde- und Anzeigeeinrichtungen funktionsfähig sind und die Anlage ordnungsgemäß arbeitet (Funktionstest).

Prüfprotokolle

Müssen so aufgebaut sein, dass die durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse nachvollzogen werden können.

Die wichtigsten Grenzwerte bei elektrischen Anlagen nach DIN VDE 0100, Teil 610

Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichsleiter:

Diese Leiter sind auf Durchgängigkeit zu prüfen, Grenzwerte legt der Fachmann aufgrund Querschnitt und Länge fest. Bei Prüfung mit Gleichstrom ist die Polarität zu wechseln.

| | |
|----------------------------|----------------|
| Richtwerte: | |
| Schutzleiter: | < 1 Ω |
| Potentialausgleichsleiter: | < 0,1 Ω |

➤ Praxistipp!

- Um genaue Messergebnisse zu erzielen, besteht bei manchen Prüfgeräten die Möglichkeit, den Widerstand der verwendeten Messleitung zu kompensieren.
- Unterschiedliche Werte bei Polaritätswechsel signalisieren Fehler!

Isolationswiderstand:

Messung aller aktiven Leiter gegen Erde oder PE, aktive Leiter dürfen kurzgeschlossen werden. Bei Anlagen mit elektronischen Einrichtungen ist dies Pflicht, Schalterleitungen müssen mitgemessen werden.

Grenzwerte:

| Mindest-isolationswerte | Nennspannung des Stromkreises | Messspannung |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 0,25 M Ω | SELV, PELV (z.B. Türsprechanlage) | 250 V |
| 0,5 M Ω | bis 500 V (außer SELV/PELV) | 500 V |
| 1 M Ω | über 500 V bis 1000 V | 1000 V |

➤ **Praxistipp!**

- Die Einzelmessung der aktiven Leiter gegen PE ist aufwändiger, gibt aber Aufschluss über die Verhältnisse der aktiven Leiter.
- Üblichkeitswerte vergleichen!
- Bei kapazitätsbehafteten Prüflingen muss nach der Messung entladen werden!

Schleifenimpedanz und Abschaltstrom:

Die Schleifenimpedanz zwischen Außenleiter und PE- oder PEN-Leiter ist zu ermitteln, vorzugsweise durch Messung. Die Messung muss einmal pro Stromkreis an der (messtechnisch gesehen) ungünstigsten Stelle des Stromkreises erfolgen. Weiterhin ist jeder Schutzleiteranschluss im Stromkreis auf Wirksamkeit zu prüfen.

Bitte entnehmen Sie die entsprechenden Grenzwerte aus der im Anhang beigefügten Tabelle 1.

Netzzinnenwiderstand:

Die Messung des Netzzinnenwiderstandes – also Außenleiter gegen Neutralleiter – ist empfohlen. Dieser Messwert darf nicht gravierend vom Messwert der Schleifenimpedanz abweichen.

➤ **Praxistipp!**

- Um genaue Messergebnisse zu erzielen, besteht bei einigen Messgeräten die Möglichkeit, den Widerstand der verwendeten Messleitung zu kompensieren.
- Beachten Sie gerade bei dieser Messung den von VDE zulässigen Messgerätefehler (max. 30 %), den Temperatureinfluss des Kupferwiderstandes und Spannungsschwankungen. Am besten arbeiten Sie mit einem Sicherheitszuschlag von ca. 35 %.

RCD/FI-Prüfung:

Durch Erzeugung eines Fehlerstromes hinter dem RCD/FI ist nachzuweisen, dass der RCD/FI mindestens bei Erreichen seines Nennfehlerstromes auslöst und die zulässige Berührungsspannung nicht überschritten wird. Die Messung muss einmal pro Stromkreis erfolgen. Weiterhin ist jeder im Stromkreis liegende Schutzleiteranschluss auf Wirksamkeit zu prüfen.

Grenzwerte:

| Grenzwerte für die Berührungsspannung |
|--|
| AC \leq 50 V in Normalanlagen (bzw. DC \leq 120 V) |
| AC \leq 25 V bei besonderen Anforderungen, z. B. in Landwirtschaft, Medizin (bzw. DC \leq 60 V) |

Bitte entnehmen Sie die entsprechenden Grenzwerte aus der im Anhang beigefügten Tabelle 2.

➤ **Praxistipp!**

- Die Anzeige der Berührungsspannung von 0 V bedeutet einen Erdungswiderstand $< 1 \Omega$ (generell in TN-Systemen üblich), also sehr gut.
- In bestimmten Fällen muss auch der Abschaltstrom und die Abschaltzeit gemessen werden (keine DIN VDE-Forderung).
- Hohe Aufmerksamkeit ist erforderlich bei der Wahl des Nennfehlerstromes und der RCD/FI-Art.
- Bei Nichtauslösung des RCD/FI sind meist Isolations- oder Installationsprobleme zwischen N und PE hinter dem RCD/FI die Ursache.

Erdungswiderstand:

Der Erdungswiderstand muss gemessen werden. In dicht bebauten Gebieten ist es zweckmäßig, den Erdungswiderstand durch Messen der Schleifenimpedanz über zwei Erder zu ermitteln.

| | | |
|--|-----------------|---|
| TN-System | | |
| Einhalten der Abschaltbedingungen, d.h.: $R_a^* \times I_a \leq UL (50 V)$ | | |
| Empfehlungen: | | |
| $\leq 10 \Omega$ (DIN VDE 0185-305-3, Blitzschutz) | | |
| $\leq 5 \Omega$ (Mobilfunkbetreiber) | | |
| TT-System | Überstromschutz | $R_a^* \times I_a \leq UL (50 V)$ |
| | RCD/FI-Schutz | $R_a^* \times I_{\Delta n} \leq UL (25 V \text{ oder } 50 V)$ |

*Ra = Anlagenerde

Anmerkung: Bei TN-Systemen wird der Erder vom VNB (EVU) hergestellt, typ. Werte $< 10 \Omega$.

➤ Praxistipp!

- Bei konventioneller Erdungsmessung Sonden- und Hilferderanschluss tauschen.
- Bei Messungen über zwei Erder vom Messwert den Wert des bekannten Erders (z.B. Betriebserder) und Leitungswiderstände abziehen.
- Bei der Beurteilung der Messergebnisse sind die jahreszeitlichen Einflüsse, speziell die Bodenfeuchte, zu berücksichtigen. Der Mindestwert sollte auch bei trockenem Boden eingehalten werden.
- Bei einigen Messgeräten wird im Messbereich „UB“ gleichzeitig der Erdungswiderstand rechnerisch ermittelt. Diese Messung ist nicht DIN-VDE-gerecht, kann aber zur sehr schnellen Beurteilung einer Anlage hilfreich sein. Bei dieser Messung sollte der größte Nennfehlerstrom gewählt werden, um genaue Messwerte zu erhalten.

Drehfeld:

An allen Drehstromsteckdosen ist festzustellen, ob ein Rechtsdrehfeld vorliegt.

Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0105, Teil 1, Teil 100

In der DIN VDE 0105 sind allgemeine Hinweise enthalten, die den Betrieb von elektrischen Anlagen sowie das Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes betreffen.

- Zur Wiederholungsprüfung gibt Abs. 5.3 Hinweise, welche nachfolgend erwähnt sind:
- Elektrische Anlagen sind entsprechend den Errichtungsnormen und den Sicherheitsvorschriften in einem ordnungsgemäßen Zustand zu erhalten.
- Es muss festgestellt werden, ob Anpassungen entsprechend den gültigen Normen bei bestehenden Anlagen durchgeführt wurden oder erforderlich sind.
- Mängel, die eine unmittelbare Gefahr bilden, sind unverzüglich zu beseitigen.
- Wiederkehrende Prüfungen „Besichtigen – Erproben – Messen“

Durch Besichtigen muss festgestellt werden, ob elektrische Anlagen und Betriebsmittel äußerlich erkennbare Schäden oder Mängel aufweisen.

Das Erproben von folgenden Anlagenteilen ist notwendig: Überwachungsgeräte (z.B. RCD/FI, FU, Isolationsüberwachung), Stromkreise und Betriebsmittel, die der Sicherheit dienen, Drehfeldprüfungen und die Funktionsfähigkeit von Meldeeinrichtungen.

Durch Messen müssen Werte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren ermöglichen, dazu gehören: Schutzleiter, Erdungs- und Potentialausgleichsleiter, Erdung, Schleifenimpedanz und Abschaltstrom, Auslösestrom und Berührungsspannung (bei RCD/FI), Ansprechwert von Isolationsüberwachungen.

➤ **Praxistipp!**

- Stichprobenmessungen sind unter Umständen zulässig.
- Beim Isolationswiderstand gelten andere Grenzwerte als bei DIN VDE 0100, Teil 610.
- Der Umfang der Prüfungen darf nach Bedarf und den Betriebsverhältnissen auf Stichproben, sowohl im Bezug auf den örtlichen Bereich (Anlagenteile) als auch auf die Maßnahmen, beschränkt werden, wenn dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustands möglich ist.

Grenzwerte für Isolationsmessung nach DIN VDE 0105, Teil 100:

| | |
|--|------------------------------|
| Mit angeschlossenen und eingeschalteten Verbrauchern mindestens: | > 300 Ω/V |
| Ohne angeschlossenen Verbraucher: | > 1000 Ω/V |
| Im Freien oder in Feuchträumen: | jeweils 50% der obigen Werte |
| Im IT-System sind zulässig: | > 50 Ω/V |

Die wichtigsten Grenzwerte elektrischer ortsveränderlicher Betriebsmittel

Erstprüfungen:

Die Erstprüfung nimmt hier der Hersteller vor.

Prüfung nach Reparatur entsprechend „DIN VDE 0701, Teil 1“ oder „Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0702“:

Die Messungen nach Reparaturen (DIN VDE 0701) bzw. bei Wiederholungsprüfungen (DIN VDE 0702) sind vergleichbar.

Schutzleiterwiderstand:

Bei Geräten der Schutzklasse I ist der niederohmige Durchgang des Schutzleiters zwischen dem Schutzkontakt des Netzsteckers und berührbaren leitfähigen Teilen, die mit dem Schutzleiter verbunden sind, nachzuweisen.

Grenzwerte:

| Grenzwerte für den Schutzleiterwiderstand: | | |
|--|---------------|--|
| DIN VDE 0701 Teil 1/240 DIN VDE 0702 | <0,3 Ω | bis 5 m Leiterlänge, zzgl. 0,1 Ω je weitere 7,5 m (jedoch max. 1,0 Ω) |

➤ **Praxistipp!**

- Leitungen während der Prüfung über die gesamte Länge bewegen!
- Sondenanschluss an gut leitendes Teil am Prüfling anschließen, Übergangswiderstand geht in Messung ein!

Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand ist zwischen allen spannungsführenden Teilen und dem Schutzleiter (Schutzklasse I) bzw. an berührbaren leitfähigen Teilen am Gehäuse (Schutzklasse II und III) mit einer Prüfspannung von 500 V DC zu messen. Dazu sind alle Stromkreise einzuschalten.

Grenzwerte:

| Schutzklasse | Grenzwert nach DIN VDE 0701, Teil 1/240 DIN VDE 0702 |
|---------------------------|---|
| I (mit Schutzleiter) | > 1,0 MΩ |
| I (mit Heizelementen) | > 0,3 MΩ |
| II (schutzisoliert) | > 2,0 MΩ |
| III (Schutzkleinspannung) | > 250 kΩ |

➤ **Praxistipp!**

- Bei elektronischen Büromaschinen oder programmgesteuerten Geräten wird anstelle der Isolationsmessung die Messung des Schutzleiter- oder Berührungsstromes gefordert.

Ersatzableitstrom:

Bei diesem Messverfahren wird ohne Netzspannung der Ableitstrom ermittelt, welcher über den Schutzleiter oder ein berührbares Teil abfließt. Die Messung des Ersatzableitstromes ist ein alternatives Messverfahren zur Messung des Schutzleiterstromes bzw. des Berührungsstromes, welches nach bestandener Isolationswiderstandsmessung angewandt werden darf.

Grenzwerte:

| Gerätetyp/Anschlussleistung | Grenzwert nach DIN VDE 0701, Teil 1, DIN VDE 0702 |
|--|--|
| Geräte der Schutzklasse I | 3,5 mA |
| Geräte der Schutzklasse II | 0,5 mA |
| Geräte der Schutzklasse I mit Heizelementen >3,5 kW | 1 mA/kW |
| Geräte der Schutzklasse I mit Heizelementen ≤6 kW | 7 mA (entspricht DIN VDE 0701, Teil 1, Anhang G) |
| Geräte der Schutzklasse I mit Heizelementen >6 kW | 15 mA (entspricht DIN VDE 0701, Teil 1, Anhang G) |

➤ Praxistipp!

- Verwechseln Sie nicht Ersatzableitstrom, Berührungsstrom oder Schutzleiterstrom bzw. Differenzstrom. In der Regel ist der Ersatzableitstrom doppelt so hoch wie der Schutzleiterstrom bzw. der „echte“ Schutzleiterstrom oder auch Ableitstrom.

Zusätzliche Messungen:

Bei DIN VDE 0701, Teil 1 Anhang E wird in eine Ersatzableitstrommessung oder eine Spannungsprüfung mit 1000 V (SK I) bzw. 3500 V (SK II) (AC/50 Hz) vorgeschrieben.

Bei DIN VDE 0701 und 0702 muss anstelle der Isolationsmessung, wenn diese nicht anwendbar ist oder Bedenken bestehen, auf folgende Messungen durchgeführt werden:

Schutzleiterstrom:

Die Messung des Schutzleiterstromes ist nach DIN VDE 0701/0702 eine zusätzliche erforderliche Messung zur Bestimmung des Isolationsvermögens bei Geräten der Schutzklasse I.

Ermittelt werden kann der Schutzleiterstrom entweder durch das direkte Messverfahren, das Differenzstromverfahren oder das Ersatzableitstromverfahren.

Eine direkte Messung ist auch mit einer Leckstromzange und entsprechenden Messadaptoren möglich. Ist die Messung problematisch, ist eine Messung des Differenzstromes L-N empfehlenswert. Grenzwert: < 3,5 mA.

➤ **Praxistipp!**

- Leitungen während der Prüfung über die gesamte Länge bewegen! Eine empfindliche Stromzange ersetzt ein spezielles Prüfgerät und ermöglicht auch eine sehr schnelle und somit Kosten sparende Fehlersuche in Anlagen mit RCD/FI-Schutz.

Berührungsstrom (Prüfung auf Spannungsfreiheit):

Die Messung des Berührungsstromes ist an allen berührbaren leitfähigen Teilen durchzuführen. Die Messung ist auch für berührbare leitfähige Teile von Geräten der Schutzklasse I, die nicht an den Schutzleiter angeschlossen sind, durchzuführen.

Grenzwerte:

| | |
|------------------------|-----------|
| DIN VDE 0701, Teil 1 | < 0,5 mA |
| DIN VDE 0701, Teil 240 | < 0,25 mA |
| DIN VDE 0702 | < 0,5 mA |

➤ **Praxistipp!**

- Anschlussstecker muss gedreht und in beiden Positionen des Steckers gemessen werden.

Messungen nach DIN VDE 0751, Teil 1

Überprüfung von Kranken- und Pflegebetten entsprechend DIN VDE 0751, Teil 1

Diese Norm gilt für Prüfungen von medizinisch elektrischen Geräten vor der Inbetriebnahme, bei Instandhaltung, Umrüstung und auch bei Wiederholungsprüfungen.

Schutzleiterwiderstand

- Der Schutzleiter ist auf Wirksamkeit zu prüfen.

Grenzwerte:

| Grenzwerte für den Schutzleiterwiderstand: | | |
|--|--|---------|
| Gerät mit fester Netzanschlussleitung: | Gerät mit abnehmbarer Netzanschlussleitung: | |
| <0,3 Ω | zwischen Schutzkontakt des Gerätesteckers und den berührbaren Teilen des Gerätes | < 0,2 Ω |
| | für die abnehmbare Netzanschlussleitung alleine: | < 0,1 Ω |
| | für die abnehmbare Netzanschlussleitung zusammen mit dem Gerät: | < 0,3 Ω |

➤ Praxistipp!

- Leitungen während der Prüfung über die gesamte Länge bewegen!
- Sondenanschluss an gut leitendes Teil am Prüfling anschließen, Übergangswiderstand geht in Messung ein!

Isolationswiderstand

In der neuesten Ausgabe der DIN VDE 0751, Teil 1 ist die Messung des Isolationswiderstandes nicht mehr gefordert. Ausnahmen sind jedoch medizinische Altgeräte und eine evtl. vorhandene Forderung des Herstellers.

Der Isolationswiderstand ist zwischen allen spannungsführenden Bereichen und dem Schutzleiter (Schutzklasse I) bzw. an leitfähigen Teilen am Gehäuse (Schutzklasse II) mit einer Prüfspannung von 500 V DC zu messen. Dazu sind alle Stromkreise einzuschalten.

Grenzwerte für Altgeräte:

- Schutzklasse I: 2 MO
- Schutzklasse II: 7 MO

Ersatzableitstrom:

➤ **Praxistipp!**

- Bei Geräten der Schutzklasse I darf die Ableitstrommessung erst nach bestandener Schutzleiter-Prüfung durchgeführt werden.
- Schalter im Netzteil müssen während der Messung geschlossen sein.

Die Grenzwerte werden nach den folgenden Anwendungsteilen unterschieden:



Anwendungsteil B: Für Anwendungen bzw. Kontakt am Körper, geerdet.

Anwendungsteil BF: Für Anwendungen bzw. Kontakt am Körper, erdfrei.

Anwendungsteil CF: Für Anwendungen bzw. Kontakt im Körper, erdfrei.

Grenzwerte für Ersatz-Geräteableitstrom - Werte in mA:

| Anwendungsteil | Typ B | Typ BF | Typ CF |
|---|-------|--------|--------|
| im Schutzleiter oder an mit dem Schutzleiter verbundenen Teilen | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Geräte mit mineralischer Isolierung und Geräte nach Anmerkung 1 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Geräte nach Anmerkung 2 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Fahrbare Röntgengeräte mit zusätzlichem Schutzleiter | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Fahrbare Röntgengeräte ohne zusätzlichen Schutzleiter | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

Anmerkung 1: Geräte / Systeme, die nicht mit dem Schutzleiter verbundenen berührbaren Teilen ausgestattet sind und die mit den Anforderungen für den Gehäuseableitstrom und, falls zutreffend, für den Patientenableitstrom, übereinstimmen. Beispiel: EDV-Geräte mit abgeschirmtem Netzteil.

Anmerkung 2: Geräte, die für festen Anschluss bestimmt sind und einen Schutzleiter haben, der so angeschlossen ist, dass er nur mittels Werkzeug gelöst werden kann.

Beispiele:

- Die Hauptteile einer Röntgeneinrichtung, wie der Röntgenstrahlenerzeuger, der Untersuchungs- oder Behandlungstisch
- Geräte mit mineralisierten Heizelementen
- Geräte, die wegen Einhaltung von Funkschutzbestimmungen einen höheren Erdableitstrom als die bei „Erdableitstrom allgemein“ zulässigen Werte aufweisen.

Der Grenzwert für Pflegebetten beträgt 1,0 mA

Grenzwerte für Ersatz-Patientenableitstrom - Werte in mA:

| Anwendungsteil | Typ B | Typ BF | Typ CF |
|-----------------------------|-------|--------|--------|
| Ersatz-Patientenableitstrom | - | 5,0 | 0,05 |

Funktionsprüfung:

Unter Beachtung der Gebrauchsanweisung ist eine Prüfung der sicherheitsrelevanten Funktionen durchzuführen.

Das elektrisch angetriebene Bett in die jeweils oberen bzw. unteren Endlagepositionen ansteuern und gleichzeitig die Stromaufnahme messen und somit die Abschaltung in den Endpositionen durch die Endschalter überprüfen. Hierbei sind unbedingt die Vorgaben bzw. Hinweise des Bettenherstellers über die Einschaltdauer (ED) zu beachten.

Sicherheit von Maschinen – Elektrische Sicherheit von Maschinen

Erst- und Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0113, EN 60204, Teil 1

Die Erst- und Wiederholungsprüfungen brauchen nicht identisch sein. Da die VDE 0113 eine Herstellernorm ist, so braucht die Wiederholungsprüfung nicht zwingend nach 0113 durchgeführt werden. Die Wiederholungsprüfung kann bzw. darf auch nach VDE 0105 bzw. 0100-610 durchgeführt werden. Als Maschine im Sinne der DIN VDE 0113/EN 60204 gelten zum Beispiel:

- Metallbe- und Verarbeitungsmaschinen
- Gummi- und Kunststoffmaschinen
- Montagemaschinen, Fördertechnik
- Lebensmittelmaschinen
- Druck-, Papier- und Kartonmaschinen
- Mess- und Prüfmaschinen
- Verpackungsmaschinen
- Leder-, Kunstleder- und Schuhmaschinen
- Wäschereimaschinen
- Bau- und Baustoffmaschinen
- Kompressoren, Pumpen
- Bergbau- und Steinbrechmaschinen
- Kühl- und Klimatisierungsmaschinen
- Heizungs- und Lüftungsmaschinen
- Hebe­maschinen
- Maschinen zur Roheisenverarbeitung
- Freizeitmaschinen
- Fahrbare Maschinen (z.B. Land- und Forstwirtschaft)
- Maschinen zum Personentransport
- Textilmaschinen
- Transportable Maschinen
- Haushaltsmaschinen

Schutzleiter:

Am Schutzleiter wird der Spannungsfall mit einem Messstrom von 10 A Wechselstrom gemessen. Ist die Maschine bzw. Anlage größer als 30 m, kann eine Schleifenwiderstandsmessung geeignet sein. Hierbei sind die Grenzwerte nach DIN VDE 0100, Teil 610 (siehe S. 83) einzuhalten.

Grenzwerte:

| Kleinster wirksamer Querschnitt des Schutzleiters für den zu prüfenden Zweig (mm ²) | Maximaler, gemessener Spannungsfall (V) |
|---|---|
| 1,0 | 3,3 |
| 1,5 | 2,6 |
| 2,5 | 1,9 |
| 4,0 | 1,4 |
| ≥ 6,0 | 1,0 |

➤ **Praxistipp!**

- Sichtprüfung durchführen.
- Prüfspitzen gut leitend anschließen!
- Alle Schutzleiteranschlusspunkte gegen die PE-Klemme prüfen.

Isolationswiderstand:

Gemessen wird mit einer Prüfspannung von 500 V DC.

Der Isolationswiderstand ist zwischen den Leitern der Leistungskreise und dem Schutzleitersystem zu messen, also zwischen allen aktiven (spannungsführenden) Teilen und Erde (PE).

| | |
|-------------------|--------|
| Grenzwert: | > 1 MΩ |
|-------------------|--------|

➤ **Praxistipp!**

- Alle Verbindungen der Leistungskreise prüfen, auch hinter allpoligen Schaltern oder Schützen.
- Achtung bei elektronischen Bauteilen oder Geräten.
- Differenzstrommessung mit der UNITEST Leckstromzange CHB3!

Spannungsprüfung:

Zwischen allen spannungsführenden Teilen und Erde (PE) ist eine Spannungsprüfung mit einer Prüfzeit von 1 s durchzuführen. Die zu verwendende Prüfspannung muss mindestens das 2-fache der Bemessungsspannung jedoch mindestens 1000 V Wechselspannung mit 50 Hz betragen. Die Leistung muss 500 VA betragen.

➤ **Praxistipp!**

- Bauteile oder Geräte (z.B. Netzfilter), die nicht für diese Prüfspannung bemessen sind, sollen während der Prüfung abgeklemmt sein. Das ist in der Praxis kaum möglich!

Restspannung:

Nach Abschalten der Versorgungsspannung darf kein berührbares aktives Teil nach 5 s eine Restspannung von mehr als 60 V haben (1s gilt für Maschinen mit Steckvorrichtungen).

| | | |
|-------------------|----------|---|
| Grenzwert: | nach 5 s | < 60 V |
| | nach 1 s | < 60 V (Maschinen mit Steckvorrichtungen) |

3 - Tipp zur Messung mit ...

Zangenamperemeter

Die wesentlichen Unterschiede innerhalb der Zangenamperemeterfamilie gelten sowohl für Multimeter als auch für Zangenamperemeter. Zangenamperemeter haben jedoch gegenüber Multimetern einen entscheidenden Vorteil bei Strommessungen. Strommessungen können mit Zangenamperemetern unterbrechungsfrei vorgenommen werden. Bei Strommessungen mit Multimetern muss der Stromkreis immer unterbrochen werden.

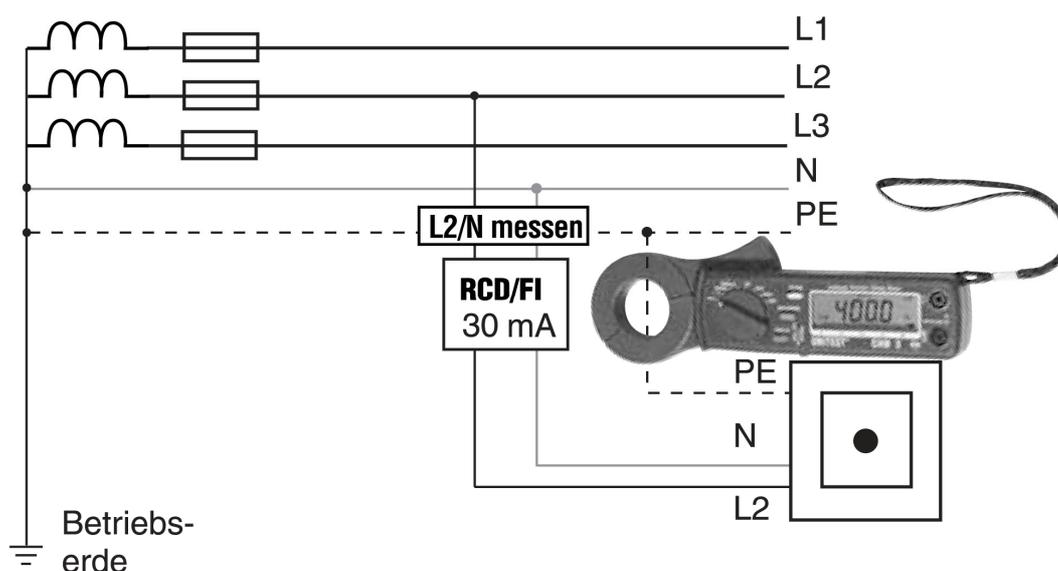
Zangenamperemeter sind meist auch mit Zusatzfunktionen ausgestattet, wie z. B. Spannungsmessung, Widerstandsmessung, Leistungsmessung, $\cos \varphi$ -Messung, Messwertspeicherung, Crestfaktormessung, etc.

Einige besonders praxiserichte Messungen sollen an dieser Stelle erwähnt werden:

Leck- oder Ableitstrommessungen sind in der täglichen Praxis bei der Fehlersuche ein wertvolles Hilfsmittel.

Zum Beispiel ist in einer **Verteilung mit RCD/FI** mit einer Leckstromzange schnell zu ermitteln, warum ein RCD/FI permanent und scheinbar grundlos auslöst, nämlich indem der Ableitstrom der einzelnen Verbraucher gemessen und addiert wird. Oft ist es die Summe mehrerer Ableitströme, die einen RCD/FI zum Auslösen bringen und nicht ein defektes einzelnes Gerät (siehe folgendes Beispiel 1).

Beispiele von Leckstrommessungen



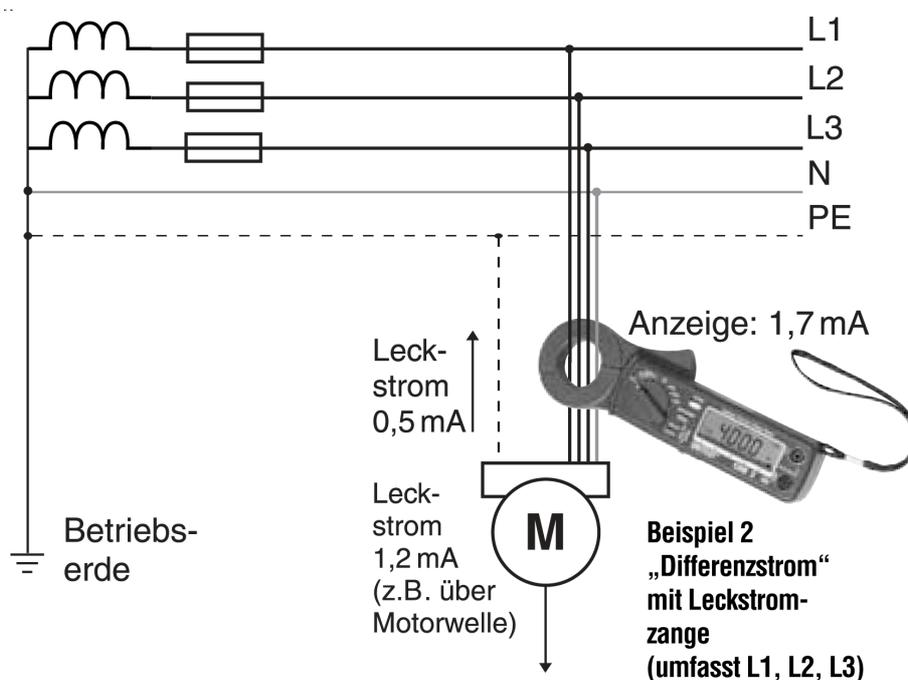
Beispiel 1

Besonders bei der **Wiederholungsprüfung von z. B. Waschmaschinen** ergibt sich eine enorme Zeitersparnis, wenn die Einhaltung der geforderten 3,5 mA Ableitstrom während des Betriebes mittels einer Leckstromzange (L1-N) ermittelt wird.

Wird dagegen der Ableitstrom im Schutzleiter gemessen, verfälschen Ströme, die über den Wasserleitungsanschluss und über die Kapazität der Waschmaschine zur Erde fließen, das Messergebnis. Außerdem kann während des Betriebes der Wasseranschluss nicht abgehängt werden. Die Waschmaschine müsste dazu isoliert aufgestellt werden.

Oder bedenken Sie, wie einfach der Leckstrom an einer **Maschine**, die mit einem Drehstrommotor betrieben wird, zu messen ist. Mit der Zange werden L1-L2-L3 umschlossen. Sofort kann der fließende Leckstrom auf der Anzeige ohne Auftrennen des Schutzleiters abgelesen werden (siehe folgendes Beispiel 2).

„Schutzleiterstrom“ am FI/RCD-Schutzschalter und Waschmaschine:



Beispiel 2

Wird mit einer Leckstromzange gemessen, die L und N umfasst, werden alle abfließenden Ströme bei der Messung berücksichtigt. Lesen Sie dazu auch Kapitel 2 – Ersatzableitstrom- bzw. Ersatzmessungen.

4 - Harmonische Oberschwingungen – Netzqualität

Vorwort

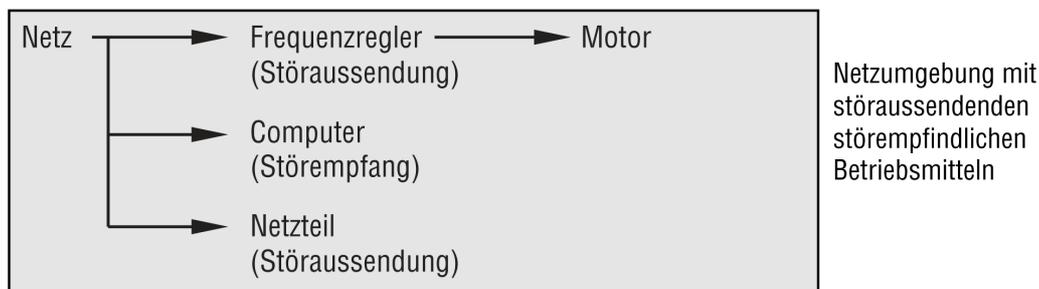
Eine der wichtigsten Umgebungsbedingungen für den reibungslosen Betrieb von elektrischen Anlagen ist eine ausreichende Qualität der Versorgungsspannung.

Störungen und Einflüsse, die durch Einschaltvorgänge, Anlaufströme, Dimmer, Schaltnetzteile, Frequenzregler usw. verursacht werden, gefährden Geräte und Systeme in ihrer Betriebssicherheit.

Grundlagen der Netzqualität

Ein wesentlicher Bereich der Störungen und Einflüsse der Netzspannung stellen Netzurückwirkungen dar. Sie ergeben sich, wenn Betriebsmittel mit nichtlinearer Strom-Spannungskennlinie oder mit nichtstationärem Betriebsverhalten (Ein- und Ausschaltvorgänge) an einem Stromnetz betrieben werden.

Die Problematik der Netzurückwirkungen gewinnt durch den vermehrten Einsatz von Leistungselektronik mit erhöhter Störaussendung einerseits und durch die Reduzierung der Signalpegel und damit der steigender Störempfindlichkeit in elektronischen Geräten andererseits immer mehr an Bedeutung. Dabei können elektronische Steuergeräte sowohl als Stör-Aussender als auch als Stör-Empfänger arbeiten.



Die einzelnen Phänomene der Netzurückwirkung werden folgendermaßen definiert:

Oberwellen / Oberschwingungen:

Sinusförmige Schwingungen, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

Zwischenharmonische:

Sinusförmige Schwingung, deren Frequenz kein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

Flicker:

Subjektiver Eindruck von Leuchtdichteschwankungen von Glühlampen und Leuchtstofflampen.

Spannungsänderung:

Änderung des Effektivwertes der Spannung.

Spannungsänderungsverlauf:

Zeitfunktion der Differenz zwischen dem Effektivwert der Spannung zu Beginn der Spannungsänderung und den nachfolgenden Effektivwerten.

Spannungsschwankung:

Folge von Spannungsänderungen oder Spannungsverläufen.

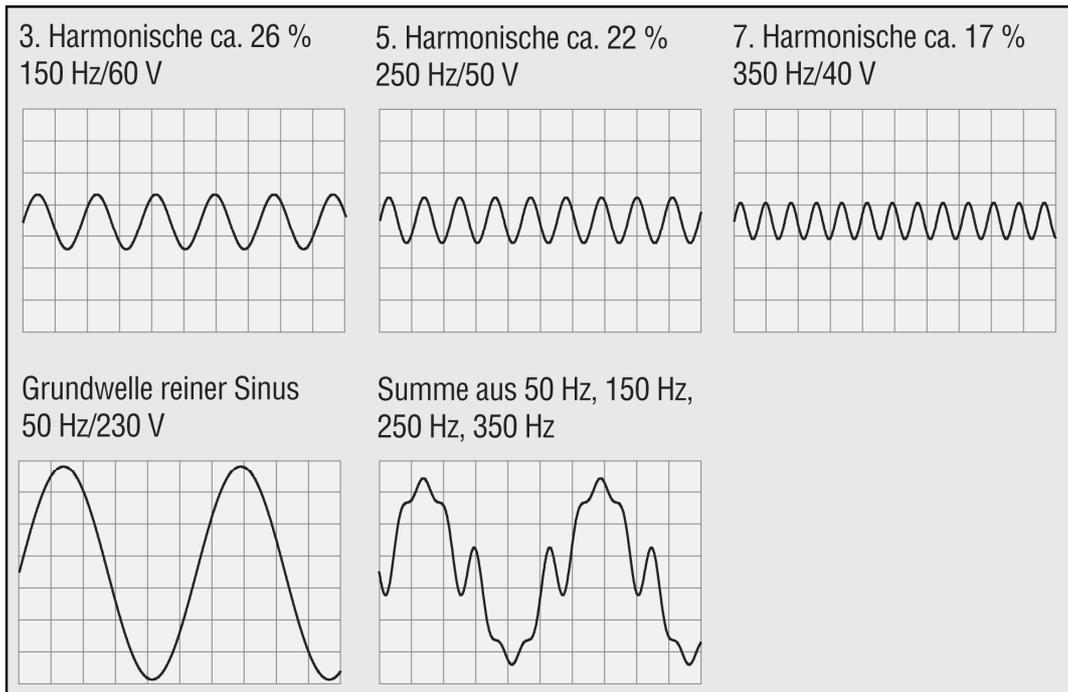
Spannungsunsymmetrie:

Abweichung der drei Spannungen des Drehstromsystems in ihrer Amplitude bzw. Abweichung von der Phasendifferenz 120° .

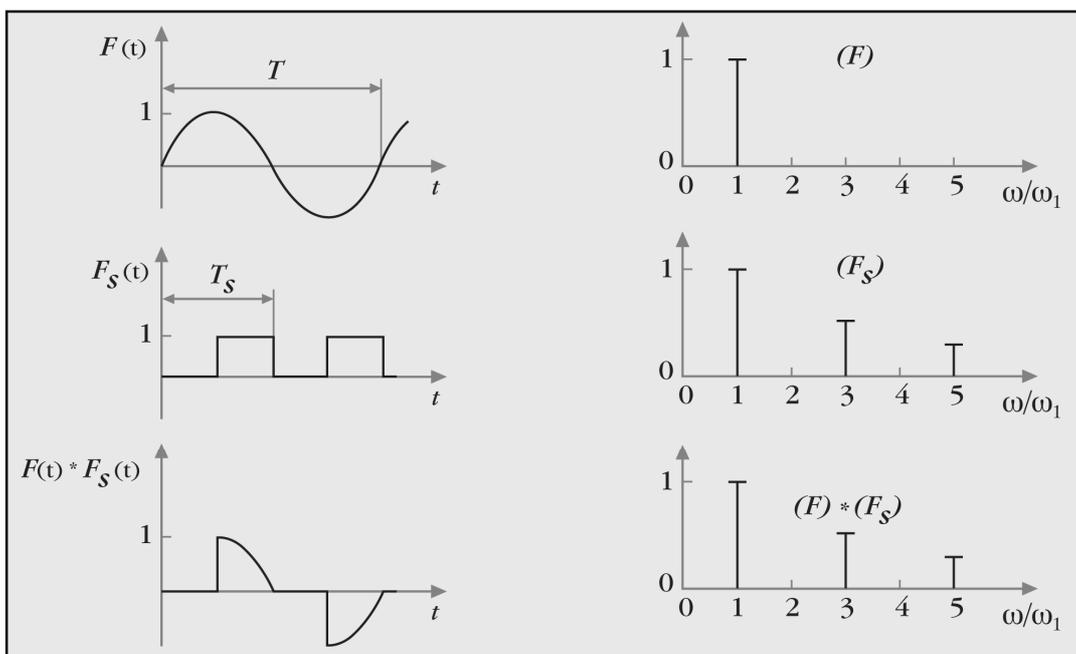
Was sind Oberschwingungen?

Oberwellen oder Oberschwingungen entstehen durch Betriebsmittel mit nicht-linearer Kennlinie wie etwa Transformatoren, Leuchtstofflampen sowie leistungselektronische Betriebsmittel wie Gleichrichter, Triacs, Thyristoren usw. Weiterhin entstehen Oberwellen in Schaltnetzteilen in Fernsehgeräten, Computern, Halogenbeleuchtungen usw., die mit zunehmendem Einsatz betrieben werden. Die nichtsinusförmigen Ströme dieser Verbraucher verursachen an der Netzimpedanz einen Spannungsfall, der die Netznennspannung verzerrt.

Oberwellen sind zusätzliche Frequenzen, die ganzzahlige Vielfache der Grundwelle mit 50 Hz sind. Abbildung 2 zeigt beispielsweise die Auflösung einer durch Oberwellen verzerrten Signalkurve in die Grundwelle sowie in die 3., 5. und 7. harmonischen Oberwelle.



Mit Hilfe der Fourier Analyse FFT (Fast Fourier Transformation) kann eine Signalforn in die Grundwelle sowie deren harmonische Oberwellen zerlegt werden. Dies geschieht mittels verschiedener mathematischer Verfahren. Die Darstellung erfolgt zumeist in einem Balkendiagramm. Zur besseren Veranschaulichung erfolgt hier die Darstellung als Zeigerdiagramm, als Kurvendarstellung sowie als Balkendiagramm.



Stromkurve einer Phasenanschnittsteuerung mit Grundkurvenform. Schaltkurve, verbogene Kurve sowie dem Balkendiagramm.

Der Grundswingungsgehalt g ist definiert als Quotient des Effektivwerts der Grundswingung zum Gesamteffektivwert der Oberswingungen.

Der Oberswingungsgehalt k oder Klirrfaktor ist definiert als Quotient des Effektivwerts der Oberswingungen zum Gesamteffektivwert.

Um nun ein Maß der gesamten Verzerrungen zu erhalten, ist der THD (total harmonic distortion) definiert, der sich als Quotient des Effektivwertes der Oberswingungen zum Grundswingungseffektivwert errechnet.

Es ist heute üblich, den THD und nicht den Oberswingungsgehalt (früher Klirrfaktor) zu verwenden.

Auswirkung von Oberswingungen:

- Betriebsmittel können durch Oberswingungen, aber auch durch andere Netzurückwirkungen so beeinflusst werden, dass die ordnungsgemäße Funktion beeinträchtigt oder das Betriebsmittel zerstört wird.
- Schaltnetzteile reagieren beispielsweise im Falle von Kurzzeitunterbrechungen mit extrem hohen Einschaltspitzen, die das 20-fache der Nennlast erreichen können. Werden diese einphasigen Verbraucher in einem Dreiphasen-Wechselstromsystem eingesetzt, fließt der volle Rückleiterstrom auch über den Sternpunkt des Transformators zurück. Werden viele Schaltnetzteile in einem System eingesetzt, heben sich die Rückleiterströme nicht mehr auf, sondern addieren sich. Es kommt zu einer sogenannten Sternpunktverschiebung.
- Bei Dreh- oder Wechselstrommotoren und -generatoren führen Stromüberschwingungen zu zusätzlicher Erwärmung.
- Oberswingungen verkürzen durch Erhöhen der Glühfadentemperatur die Lebensdauer von Glühlampen.
- Bei Leuchtstofflampen können Oberswingungen zu störenden Geräuschen führen und Kondensatoren, die zur Kompensation von Leuchtstofflampen eingesetzt werden, können überlastet werden.
- Eine Kompensationsanlage bildet zusammen mit den reaktiven Netzimpedanzen einen Reihenschwingkreis. Liegt Eigenresonanz dieses Schwingkreises in der Nähe einer vorhandenen Netzüberschwingung, so sind resonanzbedingte Anhebungen der Oberschwingungsspannungen zu erwarten. Beim Auftreten einer Resonanz erhöht sich der Effektivwert der Netzspannung nur geringfügig, der Effektivwert des Kondensatorstromes jedoch erheblich. Ist die Strombelastbarkeit der Kompensationsanlage nicht ausreichend dimensioniert, so führt dies zur Zerstörung der Kondensatoren.
- Als Effekte von Oberschwingungen können die Verschiebung der Nulldurchgänge und das Auftreten von Mehrfachnulldurchgängen auftreten. Diese Effekte können in elektronischen Betriebsmitteln, die Nulldurchgänge der Spannung erkennen müssen, also z.B. Steuerung von Stromrichter, Synchronisier-Einrichtungen und Parallelschaltgeräte, zu Fehlfunktionen führen.

- Rundsteuerempfänger können durch Oberschwingungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.
- Der Einfluss von Oberschwingungen kann Schutzgeräte wie Distanzschutz, Überstromschutz, Differentialschutz usw. beeinflussen und ist stark abhängig vom Aufbau und der Wirkungsweise der Schutzgeräte.
- Bei Induktionszählern ist der Einfluss von Oberschwingungen auf die Genauigkeit erheblich.
- Störungen der energietechnischen und informationstechnischen Betriebsmittel können zu Folgeschäden durch unkontrolliertes Abschalten von Betriebsmitteln und Produktionsprozessen in industriellen Anlagen führen.
- Bei kleinen Abständen zwischen Freileitungen und Telefonleitungen kann die Sprachübertragung gestört werden. Hier sind die Oberschwingungen der 20. bis 30. Ordnung besonders zu beachten.
- Bei symmetrischer Belastung eines Dreiphasennetzes ist die Summe der Außenleiterströme gleich null. Bei Oberschwingungen der 3. harmonischen Oberwelle heben sich die Phasenströme selbst bei symmetrischer Belastung nicht auf, sondern addieren sich und fließen in Summe über den Neutralleiter zu den Erzeugern zurück. Werden in einem Netz viele Geräte betrieben, von denen die 3. Oberschwingung erzeugt wird, dann kann sich daraus eine erhebliche Strombelastung des Neutralleiters ergeben.
- Durch Oberschwingungen verursachte Neutralleiterströme insbesondere in TN-C-Netzen vagabundieren im gesamten Potential-Ausgleich-System über Wasser- und Heizungsrohre, Sprinkleranlagen, Erdungssysteme, Schirme von Datenleitungen, Videoleitungen, Kommunikationssysteme und können an Rohrleitungen zu erhöhter Korrosion bzw. Lochfraß führen.
- Bei IT-Anlagen können Oberschwingungen zu Systemabstürzen an Personal-Computern, Schnittstellendefekte, Performanceverluste, Baugruppenausfälle, Datenprobleme und Betriebsausfälle führen. Auch können magnetische Felder z.B. Bildschirmflackern an PCs verursachen.

Oberschwingungen durch Messungen nachweisen:

Messgeräte zur Messung von Oberschwingungen werden oftmals in Kombination mit Multitestgeräten für die Messungen der Installation nach DIN VDE 0100 angeboten.

Anforderungen an die Netzqualität:

Die Anforderung an die Netzqualität wird in der Norm EN 50160 „Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“ beschrieben. Zweck dieser Norm ist die Festlegung und Beschreibung der Merkmale der Versorgungsspannung hinsichtlich Frequenz, Höhe, Kurvenform und Symmetrie der drei Leiterspannungen. Diese Merkmale ändern sich während des Normalbetriebes eines Netzes durch Lastschwankungen, Störeinflüsse von bestimmten Anlagen und das Auftreten von Fehlern, die vorwiegend durch äußere Ereignisse verursacht werden.

In der Norm EN 50160 werden unter anderem die Werte der einzelnen Oberschwingungsspannungen (u_n) an der Übergabestelle bis zur 25. Ordnung in Prozent der Netzennspannung (U_n) beschrieben.

Grenzwerte für Oberschwingungsspannungen:

| Ungerade Harmonische | | | | Gerade Harmonische | |
|----------------------|------------|-----------------|------------|--------------------|------------|
| Nichtvielfache von 3 | | Vielfache von 3 | | | |
| Ordnung h | u_h in % | Ordnung h | u_h in % | Ordnung h | u_h in % |
| 5 | 6,0 | 3 | 5,0 | 2 | 2,0 |
| 7 | 5,0 | 9 | 1,5 | 4 | 1,0 |
| 11 | 3,5 | 15 | 0,5 | 6...24 | 0,5 |
| 13 | 3,0 | 21 | 0,5 | | |
| 17 | 2,0 | | | | |
| 19 | 1,5 | | | | |
| 23 | 1,5 | | | | |
| 25 | 1,5 | | | | |

Werte einzelner Oberschwingungsspannungen nach EN 50160 : 1999

Grenzwert des Gesamterschwingungsgehaltes THD:

Der Gesamterschwingungsgehalt THD (Total Harmonic Distortion) der Versorgungsspannung, gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40, darf einen Wert von 8 % nicht überschreiten.

Gegenmaßnahmen bei Oberschwingungen - Verbesserungen der Netzqualität:

In der Praxis wurden harmonische Oberschwingungen festgestellt, die die zulässigen Grenzwerte überschreiten.

Welche Möglichkeiten gibt es nun zur Verbesserung der Netzqualität?

Die einfachste Art der Verbesserung der Netzqualität ist das Vermeiden von Störungen.

Die gesetzliche Grundlage dafür liefert der Gesetzgeber in der CE-Richtlinie 93/97/EWG Elektromagnetische Verträglichkeit.

Die Norm DIN EN 61000-3-2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt die Grenzwerte für Oberschwingungsströme für Betriebsmittel mit einem Geräte-Eingangstrom von < 16 A je Leiter.

Hier ist darauf zu achten, dass Betriebsmittel eingesetzt werden, die mit einem gesetzlich vorgeschriebenen CE-Zeichen gekennzeichnet sind. Bei Neukonstruktionen von Betriebsmitteln ist auf ein EMV-verträgliches Schaltungsdesign zu achten und im Falle von voraussichtlichen Netzurückwirkungen entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Stromnetzeigenschaften:

Durch eine Verringerung der Netzimpedanz wäre eine Reduktion der Oberschwingungen möglich. Jedoch ist es generell nicht möglich, eine Netzimpedanz zu verringern, um damit die Kurzschlussleistung des Netzes beliebig zu erhöhen. Hier sind wirtschaftliche und technische Grenzen maßgebend.

Störfestigkeit:

Die im Stromnetz betriebenen Betriebsmittel können nicht mit einer beliebig hohen Störfestigkeit entwickelt und produziert werden. Die Kosten wachsen mit höherer Störfestigkeit stark an.

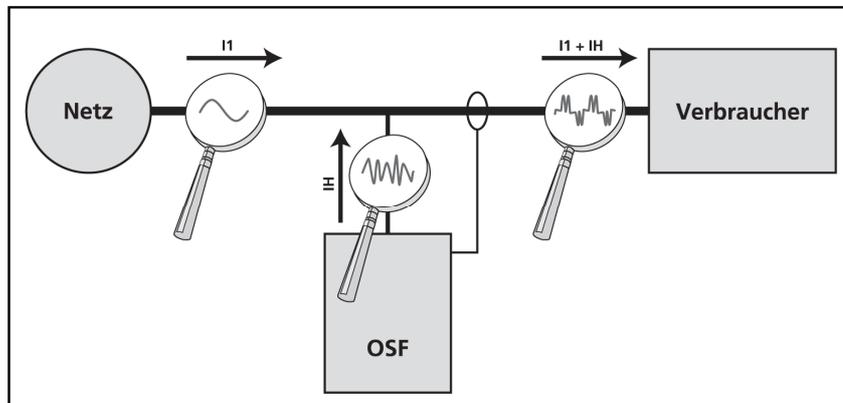
Oberschwingungsfilter:

Als Gegenmaßnahme zur Begrenzung von Oberschwingungen werden mehrere aufeinander abgestimmte passive Filter (abgestimmte Saugkreise) eingesetzt. Die Verbesserung des Netzurückwirkungsverhaltens ergibt sich nur für die jeweils konkrete Installation, durch eine Erweiterung kann der Einsatz eines neuen Filters notwendig werden.

Aktive Oberschwingungsfilter:

Um auch bei späteren Erweiterungen der Installation die Filter an die neue Situation anzupassen, entwickelte die Industrie aktive Oberschwingungsfilter. Aufgrund der Flexibilität der aktiven Oberschwingungsfilter kann die Nenngröße einfach vom aktuellen Bedarf gewählt werden. Zusätzlicher Bedarf, aufgrund von Installationserweiterungen, kann jederzeit durch Hinzufügen weiterer Komponenten aufgefangen werden.

Funktionsprinzip eines aktiven Oberschwingungsfilters:



Aktiver Oberschwingungsfilter Prinzipschaltbild
FRAKO/Teningen

Verdrosselte Kompensationsanlagen:

Eine Kompensationsanlage bildet zusammen mit der Netzimpedanz einen Schwingkreis. Treten durch resonanzbedingte Verstärkungen der harmonischen Oberschwingungen höhere Spannungspegel auf, können gravierende Störungen im Niederspannungsnetz auftreten. Eine verdrosselte Kompensationsanlage ist eine Reihenschaltung aus Kondensator und Filterkreisdrossel, dessen Reihenresonanzfrequenz durch die Auslegung der Filterkreisdrossel so gewählt wird, dass sie unterhalb der 5. harmonischen Oberschwingung (250 Hz) liegt.

Eine verdrosselte Anlage saugt einen Teil der Oberschwingungsströme ab.

Änderung der Energieversorgung:

Möglich ist die Zusammenfassung stark nichtlinearer Betriebsmittel und empfindlicher Verbraucher zu getrennten Gruppen und die Einspeisung jeder Gruppe über jeweils einen separaten Transformator. Eine Änderung der Energieversorgung muss immer unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden.

EMV-verträgliche Gebäudeinstallation:

Zur Vermeidung von Schäden durch Oberschwingungen ist es erforderlich, eine EMV-verträgliche Gebäudeinstallation auszuführen.

- Konsequenter Aufbau eines TN-S-Netzes nach DIN VDE 0100 mit getrenntem Neutral- und Schutzleiter, die nur an einem Punkt verbunden sind. Dadurch werden vagabundierende Ströme im Schutzleitersystem und damit ein Einfluss auf stöempfindliche Betriebsmittel verhindert.
- Überspannungsschutz für Kompensationsanlagen vorsehen, um Schäden an der Anlage zu vermeiden.
- Falls wirtschaftlich vertretbar, geschirmte Stromversorgungsleitungen verwenden.
- Getrennte Stromkreisgruppen für allgemeine und IT-Betriebsmittel vorsehen.
- Standardentstörbeschaltungen für Schalter, Schütz, Thermostate vorsehen.
- Metallene, leitende Konstruktionsteile, beispielsweise Kabelbahnen, Rohrleitungen, Lüftungskanäle usw. mit dem Potentialausgleich verbinden.

Eine EMV-verträgliche Gebäudeinstallation erfordert auch eine sichere Energieversorgung:

- Stromtragefähiges, niederohmiges Erdungssystem installieren.
- Keine Arbeitsströme im Schutzleiter- bzw. Potentialausgleichs-System zulassen.
- Keine Mehrfacherdung des Neutralleiters bei Mehrfacheinspeisung zulassen.
- Keine reduzierten Kabelquerschnitte für N und PE einbauen.
- Kabelquerschnitte für Oberschwingungslasten auslegen.
- Keine Einzeladern vom Trafo zur Hauptverteilung verlegen und bei wirtschaftlicher Verträglichkeit abgeschirmte Energiekabel verwenden.
- Kompensationsanlagen im Nulldurchgang ansteuern.
- Um auch bei Änderungen und Erweiterungen der Gebäudeinstallation eine EMV-verträgliche Installation zu erhalten, ist es unumgänglich, eine Anlage prüffähig aufzubauen und eine konsequente Dokumentation der Installation fortzuführen.

Literaturnachweis

DIN EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen

Blume, Schlabbach, Stephanblome: Spannungsqualität in elektrischen Netzen - Berlin/Offenbach, VDE-Verlag 1999

Otto, Karl-Heinz: Die verpennte Installation, Seminarunterlagen 2001

5 - Anhang

Übersicht zur Zeit gültiger DIN VDE-Bestimmungen

Einige der hier aufgeführten Normen sind im DIN VDE-Vorschriftenwerk als „Auswahl für das Elektroinstallateur-Handwerk“ abgedruckt. Die Auswahl wurde in Zusammenarbeit mit dem Zentralverband der Deutschen Elektrohandwerke (ZVEH) gestaltet. Sie enthält z.B.:

- Leitsätze für sicherheitsgerechtes Gestalten technischer Erzeugnisse
- DIN VDE-Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Starkstromanlagen bis 1000 V, für solche in medizinisch genutzten Räumen, von baulichen Anlagen für Menschenansammlungen, Leuchtröhrenanlagen und in explosionsgefährdeten Bereichen
- Bestimmungen für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen
- Bestimmungen für elektrische Ausrüstung von Industriemaschinen
- Bestimmungen für die Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke
- Bestimmungen für die Errichtung und Betrieb von Fernmeldeanlagen
- Bestimmungen für Blitzschutz- und Antennenanlagen

Zusammen mit den einschlägigen DIN-Normen ist diese Auswahl Bestandteil der bundeseinheitlichen Werkstattausrüstung von Elektroinstallationsbetrieben nach den Richtlinien des Bundes-Installateurausschusses.

| Bestimmung | Bezeichnung |
|---|---|
| VDE 0024 | Satzung für das Prüf- und Zertifizierungswesen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) |
| DIN VDE 0100 und DIN VDE 0100 g | Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, Änderungen zu DIN VDE 0100 |
| DIN VDE 0100, Teil 444 | Elektrische Anlagen von Gebäuden - Schutz gegen elektromagnetische Störungen |
| DIN VDE 0100, Teil 540 | Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter |
| DIN VDE 0105, Teil 1, Teil 100 | Betrieb von elektrischen Anlagen |
| DIN VDE 0105, Teil 15 | Besondere Festlegungen für landwirtschaftliche Betriebsstätten |
| DIN VDE 0100, Teil 710 | Errichten von Niederspannungsanlagen - Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Teil 710: Medizinisch genutzte Bereiche |
| DIN VDE 0108 komplett | Starkstromanlagen und Sicherheitsstromversorgung in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen |
| DIN VDE 0113, Teil 1/ DIN EN 60204, Teil 1 | Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen |
| DIN VDE 0128, Teil 1 | Leuchtröhrengeräte und Leuchtröhrenanlagen mit einer Leerlaufspannung über 1 kV, aber nicht über 10 kV - Allgemeine Anforderungen |
| DIN VDE 0165, Teil 1 | Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche - Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen |
| DIN VDE 0185, Teil 1 | Blitzschutzanlagen - Allgemeine Grundsätze |

| Bestimmung | Bezeichnung |
|-------------------------|---|
| DIN VDE 0185, Teil 2 | Blitzschutzanlagen - Risiko-Management: Abschätzung des Schadensrisikos |
| DIN VDE 0276, Teil 1000 | Starkstromkabel - Strombelastbarkeit, Allgemeines |
| DIN VDE 0470, Teil 1 | Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) |
| DIN VDE 0701, Teil 1 | Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte , Allgemeine Anforderungen |
| DIN VDE 0702 | Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten |
| DIN VDE 0800, Teil 1 | Fernmeldetechnik - Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen |
| DIN VDE 0800, Teil 2 | Fernmeldetechnik - Erdung und Potentialausgleich |
| DIN VDE 0800, Teil 10 | Fernmeldetechnik - Übergangsfestlegungen für Errichtung und Betrieb der Anlagen |
| DIN VDE 0800 Teil 174-2 | Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung - Installationsplanung und -praktiken in Gebäuden |
| DIN VDE 0855, Teil 1 | Kabelverteilersysteme für Ton- und Fernsehfunksignale - Sicherheitsanforderungen |
| DIN EN 50160 | Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen |
| DIN EN 50173-1 | Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Bürobereiche |

Tabellen mit Werten zur Beurteilung von Überstrom-Schutzeinrichtungen, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), Erdungswiderständen, Leiterquerschnitten

Tabelle 1: TN-Systeme - Auszug aus DIN VDE 0100 Teil 610: 2004-04

Die folgende Tabelle NA. 1 gilt bei der Nennwechselspannung gegen geerdeten Leiter U₀ von 230 V und 50 Hz für Abschaltströme I_a bei Abschaltzeiten 5 s und 0,4 s sowie maximale zulässige Schleifenimpedanzen Z_s für die Nennströme I_n von

- Niederspannungsicherungen nach Normen der Reihe DIN VDE 0636 (VDE 0636) der Charakteristik gG
- Leitungsschutzschaltern nach DIN VDE 0641-11 (VDE 0641, Teil 11)
- Leistungsschaltern mit einstellbarem Abschaltstrom, eingestellt auf z.B. 5 I_n, 10 I_n, 12 I_n

| | | Sicherungseinsatz nach DIN EN 60269-1 (VDE 0636 Teil 10) der Betriebsklasse gG | | | | LS-Schalter DIN VDE 0641-11- (VDE 0641 Teil 11) und Leistungsschalter ^{b)} für die überschlägige Prüfung t _a ≤ 0,4 s; t _a ≤ 0,5s Die Kurzschlussauslösung erfolgt in der Regel in f ≤ 0,1 s | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|---|---------------------------|---------------------------|---|---|--|----------------|--|----------------|--|
| I _n ^{a)} | I _a (5 s) | Z _s (5 s) | I _a (0,4 s) | Z _s (0,4 s) | I _a = 5 I _n (Charakt. B) | Z _s | I _a = 10 I _n (Charakt. C) | Z _s | I _a = 12 I _n (Charakt. K) | Z _s | |
| A | A | Ω | A | Ω | A | Ω | A | Ω | A | Ω | |
| 2 | 9,2 | 25,00 | 16 | 14,38 | | | 20 | 11,5 | 24 | 9,58 | |
| 4 | 19 | 12,11 | 32 | 7,19 | | | 40 | 5,75 | 48 | 4,79 | |
| 6 | 27 | 8,52 | 47 | 4,89 | 30 | 7,67 | 60 | 3,83 | 72 | 3,19 | |
| 10 | 47 | 4,89 | 82 | 2,80 | 50 | 4,60 | 100 | 2,30 | 120 | 1,92 | |
| 16 | 65 | 3,54 | 107 | 2,15 | 80 | 2,88 | 160 | 1,44 | 192 | 1,20 | |
| 20 | 85 | 2,71 | 145 | 1,59 | 100 | 2,30 | 200 | 1,15 | 240 | 0,96 | |
| 25 | 110 | 2,09 | 180 | 1,28 | 125 | 1,84 | 250 | 0,92 | 300 | 0,77 | |
| 32 | 150 | 1,53 | 265 | 0,87 | 160 | 1,44 | 320 | 0,72 | 384 | 0,60 | |
| 35 | 173 | 1,33 | 295 | 0,78 | 175 | 1,31 | 350 | 0,66 | 420 | 0,55 | |
| 40 | 190 | 1,21 | 310 | 0,74 | 200 | 1,15 | 400 | 0,58 | 480 | 0,48 | |
| 50 | 260 | 0,88 | 460 | 0,50 | 250 | 0,92 | 500 | 0,46 | 600 | 0,38 | |
| 63 | 320 | 0,72 | 550 | 0,42 | 315 | 0,73 | 630 | 0,36 | 756 | 0,30 | |
| 80 | 440 | 0,52 | | | | | | | 960 | 0,24 | |
| 100 | 580 | 0,40 | | | | | | | 1200 | 0,19 | |
| 125 | 750 | 0,31 | | | | | | | 1440 | 0,16 | |
| 160 | 930 | 0,25 | | | | | | | 1920 | 0,12 | |

- Nennstrom für Nennwechselspannung gegen geerdeten Leiter U₀ von 230 V und 50 Hz.
- Für Leistungsschalter nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660 Teil 101) sind die Werte für I_a als Vielfaches von I_n den jeweiligen Normen oder Herstellerkennlinien zu entnehmen und die Schleifenimpedanz Z_s zu ermitteln, wobei für die Ermittlung der Schleifenimpedanz die in der Norm enthaltene Fehlergrenze von +20 % zu berücksichtigen ist.

Beispiel:

Ermittlung der Schleifenimpedanz bei Leistungsschaltern:

Erforderlicher Kurzschlussstrom für die unverzögerte Auslösung: 100 A

Erhöhung um die Grenzabweichung + 20 % (von 100 A), also auf: 120 A

$$\text{Daraus folgt: } Z_s = \frac{U_0}{I_a} = \frac{230 \text{ V}}{120 \text{ A}} = 1,916 \ \Omega$$

Für die überschlägige Prüfung dürfen mit hinreichender Genauigkeit verwendet werden:

- $I_a = 5 I_n$ für L_S -Schalter nach Normen der Reihe DIN VDE 0641-11 mit Charakteristik B
- $I_a = 10 I_n$ für L_S -Schalter nach Norm der Reihe DIN VDE 0641-11 mit Charakteristik C und Leistungsschalter nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660 Teil 101) bei entsprechender Einstellung.
- $I_a = 12 I_n$ für Leistungsschalter nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660 Teil 101) bei entsprechender Einstellung und L_S -Schalter Charakteristik K bis 63 A.

Tabelle 2: Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N}$ von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) nach DIN EN 61008 (VDE 0664 Teil 10) und DIN EN 61009 (VDE 0664 Teil 20) und maximal zulässiger Erdungswiderstand R_A gemessen an den Körpern von Betriebsmitteln.

(Auszug aus DIN VDE 0100, Teil 610; 2004-04 (Tabelle NA.3))

| Erdungswiderstand | Bemessungs-differenzstrom | $I_{\Delta N}$ | 10 mA | 30 mA | 100 mA | 300 mA | 500 mA |
|---|---------------------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Maximal zulässiger Erdungswiderstand, gemessen an Körpern von Betriebsmitteln | R_A bei | $U_L = 50 \text{ V}$ | 5000 Ω | 1666 Ω | 500 Ω | 166 Ω | 100 Ω |
| | | $U_L = 25 \text{ V}$ | 2500 Ω | 833 Ω | 250 Ω | 83 Ω | 50 Ω |

Diese Tabelle enthält theoretische Werte. Aufgrund der möglichen Schwankungen beim Erdungswiderstand sollten deutlich niedrigere Widerstände gemessen werden als in dieser Tabelle angegeben. Die Schwankungen zwischen trockenem und feuchtem Erdreich kann den fünffachen Wert ausmachen.

Anmerkung:

Im TT-System werden grundsätzlich von den VNB's RCD/FI verlangt, da Schleifenwiderstände in der Praxis hier nicht erreicht werden.

Begriffserklärung

Ω

Einheitenzeichen für Widerstand (Ohm). Die Einheit Ohm ist benannt nach dem Physiker Georg Simon Ohm (1789-1854). Vielfache der Einheit: $k\Omega$ = Kiloohm = 10^3 , $M\Omega$ = Megaohm = 10^6 , $G\Omega$ = GOhm = 10^9 , $T\Omega$ = TeraOhm = 10^{12} . Teile der Einheit: $m\Omega$ = Milliohm = 10^{-3} , $\mu\Omega$ = Mikroohm = 10^{-6}

A

Einheitenzeichen für elektrische Wechsel- oder Gleichströme (Ampere). Ampere ist benannt nach dem französischen Physiker André Ampère (1735-1836). Vielfache der Einheit: kA = Kiloampere = 10^3 A, MA = Megaampere = 10^6 A. Teile der Einheit: mA = Milliampere = 10^{-3} A, μA = Mikroampere = 10^{-6} A, nA = Nanoampere = 10^{-9} A

Ableitstrom

Der Ableitstrom, auch Leckstrom genannt, ist ein Strom, der über die Isolation eines Prüflings abfließt. Dieser kann entweder über das Gehäuse und den PE oder über zusätzliche Erdanschlüsse (z.B. Antennenanschluss, Wasseranschluss) eines Prüflings abfließen.

Berührungsspannung

Diejenige Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen während eines Isolationsfehlers auftreten kann. Grenzwert in normalen Anlagen 50 V, für besondere Anforderungen (z.B. Landwirtschaft) 25 V.

Berührungsstrom

Eine Strommessung von leitfähigen Teilen eines Prüflings gegen Erde, Grenzwert nach DIN VDE 0701/0702 ist 0,5 mA, die Messung kann entweder direkt oder mit dem Differenzstromverfahren durchgeführt werden.

Die Berührungsstrommessung wird bei Geräten der Schutzklasse II mit berührbaren leitfähigen Teilen oder auch bei Geräten der Schutzklasse I, welche berührbare leitfähige Teile besitzen, die nicht mit PE verbunden sind, durchgeführt.

Bezugserde

Unter Bezugserde versteht man die „neutrale Erde“. Bezugserde ist der Bereich, der außerhalb des Einflussbereiches eines Erders liegt. Liegen zwei beliebige Punkte im neutralen Bereich, wird durch einen Erdungsstrom kein merklicher Spannungsfall verursacht.

BG

Berufsgenossenschaft

BGV

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (bisherige Bezeichnung: VBG)

BGV A3 [alt: BGV A2 (VBG 4)]

Unfallverhütungsvorschriften für elektrische Anlagen und Betriebsmittel der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik

CEN

Europäisches Komitee für Normung

CENELEC

Europäisches Komitee für elektronische Normung

cos φ

Auch Leistungsfaktor genannt, bezeichnet man als das Verhältnis zwischen Wirkleistung und Scheinleistung

Crestfaktor

Auch „Scheitelfaktor“ genannt, gibt das Verhältnis zwischen Scheitelwert und Effektivwert eines Stromes oder einer Spannung an. Wird der Crestfaktor eingehalten, so ist keine zusätzliche Beeinträchtigung der Messgenauigkeit zu erwarten.

Cu-Kabel

Kupferkabel

Differenzstrom

Dies ist nach DIN VDE 0701/0702 ein Messverfahren zur Bestimmung des Schutzleiter- oder Berührungstromes. Dieser wird durch eine Summen-Strommessung aller aktiver Leiter (L1-L2-L3-N) eines Prüflings ermittelt. Hiermit kann der gesamte Ableitstrom eines Prüflings erfasst werden. Diese Messung muss angewandt werden, wenn der Prüfling zusätzliche Erdanschlüsse hat oder nicht isoliert aufgestellt werden kann.

DIN

Deutsches Institut für Normung e.V.

DKE

Deutsche elektrotechnische Kommission im DIN und VDE

Echt-Effektivwertmessung

Wird auch als True RMS oder quadratischer Mittelwert bezeichnet. Darunter versteht man den Wert eines Wechselstroms oder einer Wechselspannung, der die gleiche Leistung (Wärme) am gleichen Widerstandswert erbringt, wie ein ebenso großer Gleichstrom oder eine ebenso große Gleichspannung. Das Wort True RMS ist eigentlich ein Modewort. Mathematisch richtig ist nur die Bezeichnung r.m.s. - root mean square. Es gibt nur einen mathematisch richtigen Effektivwert.

Bei Messgeräten, z.B. digitalen Multimetern, hat sich die Bezeichnung TRMS im Volksmund eingebürgert. Bei der Angabe TRMS muss in der Regel der Crestfaktor in den technischen Daten mit angegeben werden.

EMV

Elektro-Magnetische Verträglichkeit

Erder

Unter Erder versteht man einen Leiter, der in die Erde oder Beton eingebettet ist und mit ihr in leitender Verbindung oder großflächig mit Erde in Berührung steht.

Ersatz-Ableitstrom

Dies ist nach DIN VDE 0701 ein alternatives Messverfahren zur Bestimmung des Schutzleiter- oder Berührungstromes.

Nach DIN VDE 0702 ist dies eine Ersatzmessung für die Isolationsmessung. Diese kann angewendet werden, falls Geräte mit Heizelementen der Schutzklasse I die geforderten Isolationswerte nicht erreichen.

Bei diesem Messverfahren wird ohne Netzspannung der Ableitstrom ermittelt, welcher über den Schutzleiter oder ein berührbares Teil abfließt.

Ex-Schutz

Explosionsschutz

Fehlertensionsschutzschalter

Auch FU-Schutzschalter genannt, soll das Bestehen bleiben zu hoher Berührungsspannungen verhindern. FUs finden in Neuinstallationen zunehmend keinen Einsatz mehr. Es werden FI-Schutzschalter verwendet bzw. eingebaut. Neue Bezeichnung für FI = RCD.

Fehlerstrom

Der Strom, der durch einen Isolationsfehler zum Fließen kommt.

Formfaktor

Der Formfaktor gibt das Verhältnis zwischen Effektivwert und Gleichrichtwert eines Stromes oder einer Spannung an. Bei sinusförmigen oder zweiweggleichgerichteten Spannungen oder Strömen ist das Verhältnis 1,1107. Wenn man den Formfaktor kennt, kann man aus einem gemessenen Gleichrichtwert, der oft von einem Drehpultmessgerät oder einem Multimeter stammt, den Effektivwert errechnen.

Hz

Einheitenzeichen für Frequenz. Die Einheit ist benannt nach dem Physiker Heinrich Hertz (1857-1864). Vielfache der Einheit: kHz = Kilohertz = 10^3 Hz, MHz = Megahertz = 10^6 Hz, GHz = Gigahertz 10^9

ISO

International Organization for Standardization

Isolationsmessung

Eine Messung des Isolationswiderstandes zwischen den aktiven Teilen (L1-L2-L3-N) und dem Schutzleiter (PE) in einer Anlage, in einem Gerät oder in einer Maschine. Dazu wird üblicherweise eine Prüfspannung von 500 V DC benutzt.

Die Grenzwerte sind unterschiedlich, siehe Praxistipps.

IT-System

Netzform, bei der keine direkte Verbindung zwischen aktiven Leitern und geerdeten Teilen besteht. Die Körper der elektrischen Anlage müssen geerdet sein. Der Fehlerstrom beim Auftreten nur eines Körper- oder Erdschlusses ist niedrig, eine Abschaltung ist nicht erforderlich. Es müssen jedoch Maßnahmen getroffen werden, um bei Auftreten eines weiteren Fehlers Gefahren zu vermeiden.

LAN

Local Area Network. Eine Anordnung von Computern, die lokal (örtlich, z.B. in einem Haus) miteinander verbunden (vernetzt) sind, mit dem Zweck des Datenaustausches. Im Gegensatz dazu steht das WAN = Wide Area Network (Computerverbund über Grundstücksgrenzen hinaus).

LCD

Liquid Crystal Display (Flüssigkristallanzeige)

LD

Laser Diode

LED

Light Emitting Diode (Leuchtdiode)

LWL

Lichtwellenleiter

N

Neutral-Leiter (früher MP genannt)

Netzimpedanz

Ist die Summe der Impedanzen (Scheinwiderstände) in einer Stromschleife, bestehend aus der Impedanz der Stromquelle, der Impedanz des Außenleiters von einem Pol der Stromquelle bis zur Messstelle und der Impedanz der Rückleitung (Neutralleiter) von der Messstelle bis zum anderen Pol der Stromquelle.

OTDR

Optical Time Domain Reflectometer (optisches Laufzeitmessgerät)

PE-Leiter

Protective Earth-Leiter (Schutzleiter)

PELV

Protective Extra Low Voltage (Funktionskleinspannung). Stromquelle nach DIN VDE 0100, Teil 410. Z.B.: Stromkreise und Körper dürfen geerdet sein. PELV-Stecker dürfen nicht in SELV-Steckdosen eingeführt werden.

Potentialausgleich

(Potentialausgleichsschiene) Verbindet zentral leitfähige Teile wie z.B. metallene Rohrsysteme, Hauptpotentialausgleichsleiter, Hauptschutzleiter, Haupterdungsleiter, Fundamenterder, Blitzschutzender, Erder von Antennen und Fernmeldeanlagen, Metallkonstruktionen, Anlagen und Gerüste.

Prüfung auf Spannungsfreiheit

Auch Ableitstrom im Betrieb genannt, wird ermittelt durch eine Strommessung nach DIN VDE 0701, Teil 240 von leitfähigen Teilen eines Prüflings gegen Erde. Grenzwert

nach DIN VDE 0701, Teil 240 ist 0,25 mA. Diese Messung ist ähnlich der Messung des Berührungsstromes.

Schleifenimpedanz

(Impedanz einer Fehlerschleife) Ist die Summe der Impedanzen (Scheinwiderstände) in einer Stromschleife, bestehend aus der Impedanz der Stromquelle, der Impedanz des Außenleiters von einem Pol der Stromquelle bis zur Messstelle und der Impedanz der Rückleitung (z.B. Schutzleiter, Erder und Erde) von der Messstelle bis zum anderen Pol der Stromquelle.

Schutzarten

Bei elektronischen Mess- und Prüfgeräten und anderen Betriebsmitteln wird der Schutz gegen Fremdkörper (Schmutz) und gegen Wasser durch zwei Ziffern hinter dem Kurzzeichen IPxx angegeben. Die erste Ziffer kann von 0 bis 6 reichen. Sie gibt den Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern an. 0 bedeutet keinen Schutz, 6 bedeutet Schutz gegen Staubeintritt. Die zweite Ziffer kann von 0 bis 8 reichen. Sie gibt den Schutz gegen das Eindringen von Wasser an. 0 bedeutet keinen Schutz, 8 bedeutet Schutz gegen Wassereintritt beim Untertauchen.

Schutzklassen



Schutzklasse I:
Schutz mittels Schutzleiter



Schutzklasse II:
Schutz mittels Schutzisolierung



Schutzklasse III:
Schutz mittels Schutzkleinspannung

Schutzleiterstrom

Dies ist ein Teil des Ableitstroms eines Prüflings der im Schutzleiter (PE) zurückfließt. Grenzwert nach DIN VDE 0701/0702 ist 3,5 mA. Ermittelt wird der Schutzleiterstrom entweder durch eine direkte Strommessung im Schutzleiter eines Prüflings oder mit dem Differenzstromverfahren. Die direkte Messung kann angewandt werden, wenn der Prüfling keine zusätzlichen Erdanschlüsse hat oder isoliert aufgestellt werden kann.

SELV

Safety Extra Low Voltage (Schutzkleinspannung). Stromquelle nach DIN VDE 0100, Teil 410. Z.B. Stromkreise und Körper dürfen nicht geerdet sein. SELV-Steckdosen dürfen keine Schutzkontakte haben. SELV-Stecker dürfen nicht in PELV-Steckdosen eingeführt werden.

Spezifischer Erdwiderstand

Ist der spezifische Widerstand der Erde. Er wird in Ohm angegeben. Er stellt den Widerstand eines Erdwürfels von 1 m Kantenlänge zwischen zwei gegenüberliegenden Würfelflächen dar.

TÜV

Technischer Überwachungs-Verein

UVV

Unfall-Verhütungs-Vorschriften

V

SI-Einheitenzeichen für elektrische Wechsel- oder Gleichspannungen (Volt). Volt ist benannt nach dem italienischen Physiker Alessandro Volta (1745-1827). Vielfache der Einheit: kV = Kilovolt = 10^3 V, MV = Megavolt = 10^6 V. Teile der Einheit: mV = Millivolt = 10^{-3} V, μ V = Mikrovolt = 10^{-6} V, nV = Nanovolt = 10^{-9} V

VBG

Vorschriftenwerk der Berufsgenossenschaften. Neue Bezeichnung: BGV (Berufsgenossenschaftliche Vorschriften)

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

VDI

Verein Deutscher Ingenieure

VNB

Verteilungsnetzbetreiber (alte Bezeichnung EVU)

W

Einheitenzeichen für Leistung. Die Einheit Watt ist benannt nach dem Erfinder James Watt (1763-1819). Vielfache der Einheit: kW = Kilowatt = 10^3 W, MW Megawatt = 10^6 W. Teile der Einheit: mW = Milliwatt = 10^{-3} , μ W = Mikrowatt = 10^{-6} W

ZVEH

Zentralverband der Dt. Elektrohandwerke e.V.

ZVEI

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-Industrie

Messkreiskategorien

Für Messkreiskategorie wurde in der früheren Ausgabe der DIN VDE 0411-1:1994 der Begriff Überspannungskategorie verwendet.

Messkreiskategorie I

Die Messkreiskategorie I ist gültig für elektrische Betriebsmittel, die in Geräten eingesetzt werden, in denen nur geringe Überspannungen auftreten können, wie z.B. innerhalb Geräten nach dem Eingangstrafo.

Messkreiskategorie II

Die Messkreiskategorie II ist gültig für elektrische Betriebsmittel, in denen keine Blitzspannungen berücksichtigt werden müssen, aber durch Schaltvorgänge Überspannungen entstehen könnten. Betriebsmittel dieser Kategorie sind z.B. elektrische Betriebsmittel zwischen Gerät und Steckdose, innerhalb elektrischer Geräte ohne Eingangstrafo (z.B. Haushaltsgeräte).

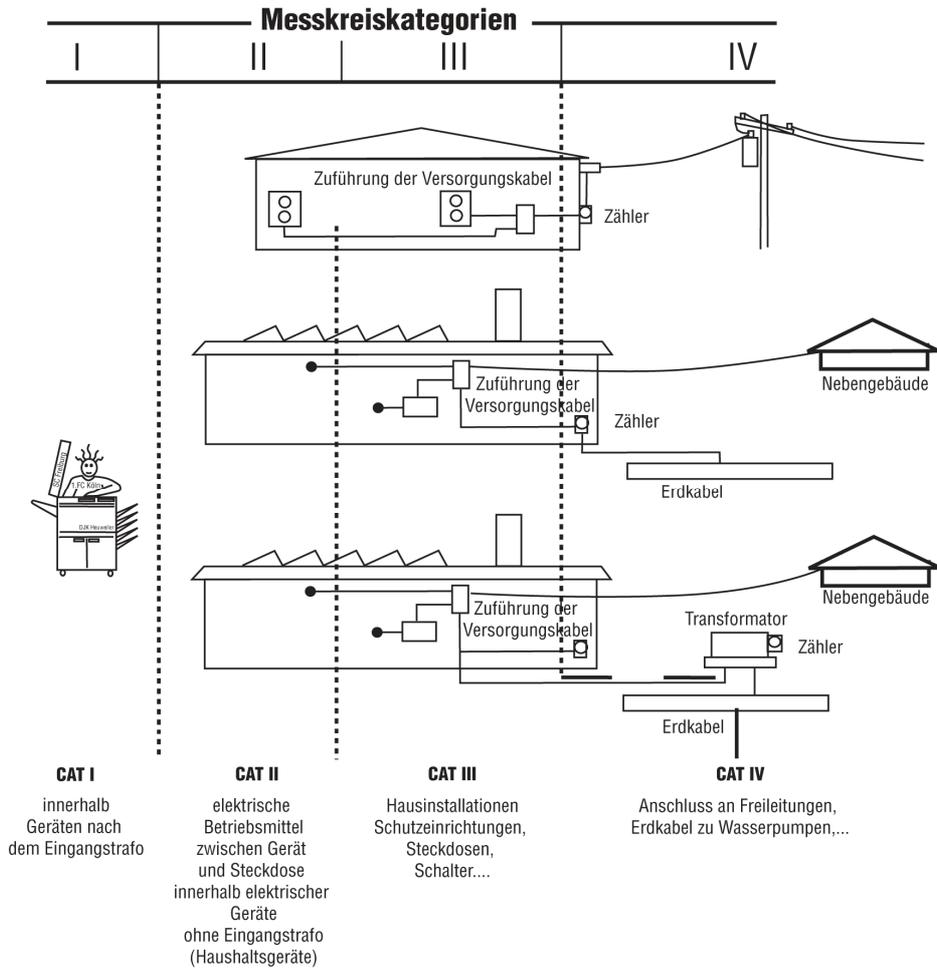
Messkreiskategorie III

Die Messkreiskategorie III beinhaltet zusätzlich zur Kategorie II elektrische Betriebsmittel, an die besondere Anforderungen bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit gestellt werden.

Beispiele: Hausinstallationen, Schutzeinrichtungen, Steckdosen, Schalter ...

Messkreiskategorie IV

Elektrische Betriebsmittel, bei denen auch Blitzeinwirkungen berücksichtigt werden müssen, zählen zur Kategorie IV. Dazu gehören z.B. Anschluss an Freileitungen, Erdkabel zu Wasserpumpen ...





Geprüfte Sicherheit nach UVV, damit Sie immer auf der sicheren Seite sind

- werden unsere Fachleute speziell geschult
- arbeiten wir mit den modernsten Messcomputern.

SPIERING
PARTNER

Spiering Partner Elektrotechnik OHG
Königstraße 6A • D-23847 Rethwisch
Tel. 0 45 39/18 01-01 • Fax 18 01-30
E-mail: mail@spieringpartner.de
www.spieringpartner.de